Environnement Canada
Service de la protection de l'environnement

Environment Canada
Environmental Protection Service

C.3

collection
ENVIROGUIDE

L'ÉTHYLÈNE

Canada

août 1984

85-1699/

COLLECTION «ENVIROGUIDE»

La collection «Enviroguide» est constituée de guides d'information technique à utiliser en cas de déversements de matières dangereuses. Chaque guide fournit une masse considérable d'information relative au produit chimique dont il traite. L'information ainsi présentée a pour but d'aider l'utilisateur à mettre sur pied un plan d'intervention en cas d'accident et à évaluer les incidences sur l'environnement que peut avoir tel ou tel polluant. Le contenu de chacun des guides a été vérifié par la Direction des services techniques du Service de la protection de l'environnement avant que ne soit autorisée sa publication. Il est à noter qu'une telle autorisation n'implique pas que le contenu des guides reflète les points de vue ou la politique du Service de la protection de l'environnement. De même, le fait de mentionner des marques déposées ou des noms de produits commerciaux ne doit pas être interprété comme une forme de recommandation.

Les rapports Enviroguide sont disponibles de

Section des publications
Service de la protection de l'environnement
Environnement Canada
Ottawa (Ontario)
CANADA
K1A 1C8

collection
ENVIROGUIDE

L'ÉTHYLÈNE

SERVICE DE LA PROTECTION
DE L'ENVIRONNEMENT

DIRECTION GÉNÉRALE DES PROGRAMMES
DE PROTECTION DE L'ENVIRONNEMENT

DIRECTION DES SERVICES TECHNIQUES

OTTAWA
AOÛT 1984
ENVIRONNEMENT CANADA

Publication distribuée par le Service des publications
Service de la protection de l'environnement
Environnement Canada
Ottawa (Ontario)
K1A 1C8

Édition française de
Ethylene
préparée par le Module d'édition française

English copy available at the above mentioned address

© Ministre des Approvisionnements et Services Canada 1984
N° de cat. En 48-10/14-1984F
ISBN 0-662-92818-0
IMPRIMERIE BEAUREGARD LIMITÉE

AVANT-PROPOS

La collection «Enviroguide» a été lancée officiellement en 1983. Elle est constituée de guides d'information technique sur les produits chimiques qui sont les plus souvent en cause dans les cas de déversements accidentels. Les guides, qui s'adressent à des spécialistes dans le domaine des déversements, sont conçus pour aider à planifier les interventions d'urgence et évaluer les incidences sur l'environnement.

Vu la grande quantité d'information présentée et le caractère très technique des guides, ces derniers ne s'adressent pas au personnel de première intervention, pour qui existent déjà des manuels plus appropriés.

L'information offerte a été glanée en majeure partie dans des publications déjà existantes. Les auteurs ont pris grand soin, aussi bien au stade de la compilation qu'à celui de la révision, de vérifier la justesse des éléments retenus. Néanmoins, il ne faut pas voir dans la publication de ces éléments d'information une forme de recommandation de la part du gouvernement du Canada ni de quelque autre groupe.

REMERCIEMENTS

La version définitive du présent guide est l'oeuvre du personnel du Service de la protection de l'environnement, qui a procédé à la refonte de nombreux passages du texte initial, ajouté maints renseignements et commentaires et préparé les schémas et les figures.

Le travail préliminaire avait été donné à contrat par Environnement Canada aux firmes M.M. Dillon Consulting Engineers and Planners, Concord Scientific Corporation et Waterloo Engineering Limited.

L'abondance de détails qu'on trouve dans le guide est le fruit de la collaboration de plusieurs personnes, organismes et institutions qui ont fourni des données et des conseils précieux, au stade de la compilation comme au stade de la rédaction.

TABLE DES MATIÈRES

	Avant-propos	III
	Remerciements	III
	Liste des figures	VI
	Liste des tableaux	VI
	Abréviations et symboles	VII
	Définitions	IX
	Sigles	X
1	**Résumé**	1
2	**Propriétés physiques et chimiques**	3
3	**Production, transport et commerce**	11
3.1	Qualités et titres du produit	11
3.2	Fabricants situés au Canada	11
3.3	Autres fournisseurs	11
3.4	Itinéraires utilisés pour le transport	11
3.5	Volume de production	11
3.6	Fabrication industrielle	12
3.6.1	Information générale	12
3.6.2	Matières premières	12
3.6.3	Procédé d'élaboration	12
3.7	Développement de l'industrie	12
3.8	Principales utilisations au Canada	12
3.9	Principaux acheteurs au Canada	12
4	**Manutention du produit et compatibilité**	13
4.1	Conteneurs et autres récipients de transport	13
4.1.1	Information générale	13
4.1.2	Wagons-citernes	13
4.1.3	Véhicules-citernes routiers	13
4.1.4	Bouteilles à gaz comprimé	13
4.1.5	Gazoducs	13
4.2	Emmagasinage	17
4.3	Compatibilité de l'éthylène et des matériaux de fabrication	17
5	**Fuite et migration de l'éthylène**	18
5.1	Aperçu général	18
5.2	Nomogrammes relatifs aux fuites du produit	18
5.3	Diffusion atmosphérique	18
5.3.1	Introduction	18
5.3.2	Nomogrammes de diffusion d'une bouffée de vapeurs et conditions météorologiques	18
5.3.2.1	Teneur uniformisée en vapeurs en fonction de la distance sous le vent	20
5.3.2.2	Demi-largeur maximale de la bouffée dangereuse	24
5.3.2.3	Distance parcourue par la bouffée, en fonction du temps écoulé	24
5.3.3	Exemple de calcul	24
5.4	Comportement dans l'eau	27
5.4.1	Introduction	27
5.4.2	Nomogramme de l'étalement de l'éthylène sur une étendue d'eau calme	29
5.4.3	Exemple de calcul	30
5.5	Comportement dans le sous-sol: pénétration dans le sol	30
6	**Protection de l'environnement**	31
6.1	Limites maximales admissibles	31
6.1.1	Qualité de l'eau	31

6.1.2	Qualité de l'air	31
6.2	Toxicité pour les espèces aquatiques	31
6.2.1	Évaluation de la toxicité aux États-Unis	31
6.2.2	Mesures de toxicité	31
6.3	Toxicité pour d'autres organismes	31
6.3.1	Toxicité pour les plantes	31
6.4	Devenir et effets à long terme	33
7	**Protection de la santé**	34
7.1	Normes d'exposition recommandées	34
7.2	Données sur les propriétés irritantes	35
7.2.1	Contact avec la peau	35
7.2.2	Contact avec les yeux	35
7.3	Seuil de perception des caractères organoleptiques	35
7.3.1	Odeur	35
7.3.2	Goût	35
7.4	Étude à long terme	35
7.4.1	Inhalation	35
7.4.2	Ingestion	36
7.4.3	Pouvoir mutagène	36
7.5	Symptômes d'intoxication	37
7.5.1	Inhalation	37
7.5.2	Ingestion	37
7.5.3	Contact avec la peau	37
7.5.4	Contact avec les yeux	37
7.6	Toxicité pour l'homme des produits de décomposition ou de combustion de l'éthylène	37
7.6.1	Dioxyde de carbone	37
8	**Compatibilité chimique**	38
8.1	Compatibilité de l'éthylène et de divers corps chimiques	38
9	**Mesures d'intervention et de sécurité**	40
9.1	Mesures recommandées	40
9.1.1	Risques d'incendie	40
9.1.2	Moyens d'extinction	40
9.1.3	Mesures d'évacuation	40
9.1.4	Mesures d'intervention en cas de déversements	40
9.1.4.1	Information générale	40
9.1.4.2	Déversements sur le sol	40
9.1.4.3	Déversements dans l'eau	40
9.1.5	Nettoyage et traitement	41
9.1.6	Appareils et vêtements de protection	41
9.1.7	Précautions spéciales	41
10	**Cas de déversement accidentel**	42
11	**Identification et dosage des polluants**	43
11.1	Dosage de l'éthylène dans l'air (analyse quantitative)	43
11.1.1	Chromatographie en phase gazeuse	43
11.2	Dosage de l'éthylène dans l'eau (analyse quantitative)	43
11.2.1	Spectroscopie de l'infrarouge	43
11.3	Identification de l'éthylène présent dans l'eau (analyse qualitative)	44
11.4	Dosage de l'éthylène présent dans le sol (analyse quantitative)	44
11.4.1	Gravimétrie	44
11.5	Identification de l'éthylène présent dans le sol (analyse qualitative)	44
12	**Références et bibliographie**	45
12.1	Références	45
12.2	Bibliographie	49

LISTE DES FIGURES

1	Tension de vapeur en fonction de la température	7
2	Masse volumique du liquide en fonction de la température	8
3	Solubilité dans l'eau en fonction de la température	8
4	Viscosité du gaz en fonction de la température	9
5	Viscosité du liquide en fonction de la température	9
6	Diagramme de phase	10
7	Réservoirs d'emmagasinage	15
8	Formation d'une bouffée de vapeurs	19
9	Étapes à suivre pour déterminer la zone dangereuse	21
10	Teneur uniformisée en vapeurs en fonction de la distance sous le vent	22
11	Conversion des unités de la limite inférieure d'inflammabilité	23
12	Distance parcourue par la bouffée en fonction du temps écoulé	26
13	Zone dangereuse maximale sous un vent invariable	28
14	Zone dangereuse maximale sous un vent variable	28
15	Rayon maximal de la nappe en fonction de la masse déversée	29

LISTE DES TABLEAUX

1	Nomogrammes de conversion	6
2	Bouteilles à gaz comprimé employées pour le transport de l'éthylène	14
3	Compatibilité de l'éthylène et de certains matériaux de fabrication	16
4	Conditions météorologiques (catégories de stabilités)	20
5	Demi-largeurs maximales de la bouffée dangereuse	25

ABRÉVIATIONS ET SYMBOLES

adf	Antidéflagrant
atm	Atmosphère
c.f.	Coupelle fermée
c.o.	Coupelle ouverte
CPG	Chromatographie en phase gazeuse
d	Densité
d vap	Densité de vapeur
d.-v.	Demi-vie
D ext.	Diamètre extérieur
D int.	Diamètre intérieur
DAMM	Diamètre aérodynamique moyen en masse
DBO	Demande biochimique en oxygène
DCO	Demande chimique en oxygène
D_e	Diamètre d'entrée
DIF	Détecteur d'ionisation à flamme
DMM	Diamètre moyen en masse
DMN	Diamètre moyen en nombre
DMV	Diamètre moyen en volume
DPI	Détecteur à photo-ionisation
D_s	Diamètre de sortie
DL min.	Dose létale minimale
DL 50	Dose létale moyenne
et coll.	et collaborateurs
eV	Électronvolt
f. n. éq.	Fumée normalisée équivalente
gal imp.	Gallon impérial
IDLH	*Immediately Dangerous to Life or Health*
IR	Infrarouge
j	jour
J	Joule
k	Coefficient de perméabilité
l	litre
L.I.E.	Limite inférieure d'explosibilité
L.I.I.	Limite inférieure d'inflammabilité
L.S.E.	Limite supérieure d'explosibilité
L.S.I.	Limite supérieure d'inflammabilité
m	Masse
m_e	Masse émise
MAK	Teneur maximale admissible (norme établie par la RFA)
MAK-K	Teneur maximale admissible (norme établie par la RDA)
MAK-D	Teneur maximale admissible – courte durée (norme établie par la RDA)
max.	Maximum
mé/l	Milliéquivalent par litre
MIK	Teneur maximale d'immission (norme établie par la RDA)
min.	Minimum
mn	Minute
M mol.	Masse molaire
M vol.	Masse volumique
mol	Mole
MPT	Moyenne pondérée en fonction du temps
N	Newton
Pa · s	Pascal seconde
pds éq.	Poids équivalent
ppb	Parties par milliard (10^{-9})
ppm	Parties par million (10^{-6})
ppt	Parties par mille (10^{-3})
psi	*Pounds per square inch*
P	Pression
P_c	Pression critique
PEL	*Permissible Exposure Limit*
Po	Poise
Pt cong.	Point de congélation
Pt déf.	Point de déflagration
Pt dét.	Point de détonation
Pt ébul.	Point d'ébullition
Pt écl.	Point d'éclair
Pt écoul.	Point d'écoulement
Pt fus.	Point de fusion
Pt liq.	Point de liquéfaction
PVC	Chlorure de polyvinyle
q	Débit
q_e	Débit d'entrée
q_f	Débit de fuite
q_m	Débit-masse
q_s	Débit de sortie
q_v	Débit-volume
std	Standard
SM	Spectroscopie de masse
St	Stokes
STEL	*Short Term Exposure Limit*
t	Tonne
t	Temps
temp.	Température
$temp._c$	Température critique
TE 50	Teneur efficace moyenne
tf	Tonne forte
TI 50	Teneur inhibitrice moyenne
TLm	Tolérance moyenne
TL min.	Teneur létale minimale
TL 50	Teneur létale moyenne
TLV®	*Threshold Limit Value*
TLV®C	*Threshold Limit Value-Ceiling*
TPN	Température et pression normales

TT min.	Teneur toxique minimale	V évap.	Vitesse d'évaporation
u	Vitesse du vent	^{o}Bé	Degré Baumé
μ	Viscosité	^{o}C	Degré Celsius
vap	Vapeur	ϕ	Diamètre
vol.	Volume	x	Distance sous le vent
V	Vitesse d'écoulement	W	Ne pas utiliser d'eau comme moyen d'extinction
V biod.	Vitesse de biodégradation		

DÉFINITIONS

Les définitions figurant ci-dessous valent pour la collection «Enviroguide». Le lecteur notera qu'elles n'ont pas toujours une portée générale. Pour plus de détails, ou pour d'autres définitions, se reporter au manuel d'introduction de la collection.

Bio-accumulation. – Rétention sans cesse croissante d'une substance dans les tissus d'un organisme tout au long de son existence (le facteur de bioconcentration augmentant sans cesse).

Bio-amplification. – Rétention d'une substance dans les tissus à des teneurs de plus en plus élevées au fur et à mesure que l'on s'élève dans la hiérarchie des organismes de la chaîne alimentaire.

Bioconcentration. – Rétention d'une substance dans les tissus d'un organisme au point que la teneur des tissus en cette substance surpasse la teneur du milieu ambiant en cette substance, à un moment donné de la vie de cet organisme.

Concentration. – Comme ce mot a des sens multiples et parfois mal définis selon qu'il s'agit de chimie, de biologie ou d'écologie, on lui a préféré des termes jugés plus précis, tels titre, teneur et bioconcentration.

Contaminant. – Polluant qui figure sur une liste de produits dangereux, établie en vertu de la Loi sur les contaminants de l'environnement.

Dose létale minimale. – Dans le cas de la toxicité pour l'homme (la dose définie ici peut être extrapolée à l'homme), il s'agit de la plus faible dose (autre que la DL 50) d'une substance dont l'absorption, excluant l'inhalation, en une ou plusieurs prises, au bout d'un temps donné, a été signalée comme cause de la mort d'un animal ou d'une personne. Abrév. DL min.

Dose letale moyenne (1). – Dans le cas de la toxicité pour l'animal, il s'agit de la dose qui tue, au bout d'un temps donné, 50 p. 100 des animaux auxquels on a fait absorber une certaine quantité de substance. Abrév. DL 50.

Dose létale moyenne (2). – À des fins de comparaison ou d'extrapolation dans l'étude de la toxicité pour l'homme, il s'agit de la dose (calculée) d'une substance censée entraîner, au bout d'un temps donné, la mort de 50 p. 100 d'une population homogène d'animaux. Elle est déterminée par suite de l'absorption, excluant l'inhalation, d'une quantité de cette substance par un lot statistiquement significatif d'animaux provenant de cette population. Abrév. DL 50.

Dose toxique minimale. – La plus faible dose d'une substance, introduite par toute autre voie que l'inhalation, pendant quelque période de temps que ce soit, dont l'absorption a été signalée comme cause d'effet toxique chez des personnes ou d'effets carcinogènes, néoplastogènes ou tératogènes chez les animaux ou les personnes. Abrév. DT min.

Facteur de bioconcentration. – Rapport de la teneur en une substance des tissus d'un organisme exposé (moins la teneur des tissus d'un organisme témoin) à la teneur en cette substance du milieu ambiant.

IDLH *(Immediately Dangerous to Life or Health)*. – Teneur plafond à laquelle, dans un délai maximal d'exposition de 30 minutes, il est possible à une personne de fuir les lieux exposés sans qu'il n'y ait manifestation de signes fonctionnels d'intoxication, perturbation irréversible de la santé ou décès. Il s'agit d'une valeur définie et déterminée par le NIOSH.

Immission. – Transfert d'un polluant de l'atmosphère vers un «récepteur» qui peut être une personne, un animal, une plante. La teneur maximale d'immission, mentionnée au chapitre 7, se rapporte au polluant retenu dans les poumons. Il s'agit d'un concept d'origine allemande, adopté par l'ISO.

Létal. – En toxicologie, synonyme de mortel.

MAK *(Maximale Arbeidsplatz Konzentration)*. – Teneur limite moyenne admissible en milieu de travail, compte tenu de semaines de 45 heures et de journées de 8 heures. Il s'agit d'une norme établie par la RFA.

MAK-D. – Teneur limite moyenne admissible en milieu de travail, compte tenu de semaines de 45 heures et de journées de 8 heures. Il s'agit d'une norme établie par la RDA.

MAK-K. – Teneur limite admissible en milieu de travail pour une période très courte ne dépassant pas 30 minutes. Il s'agit d'une norme établie par la RDA.

PEL *(Permissible Exposure Limit)*. – Teneur limite moyenne (pondérée en fonction du temps) à laquelle peuvent être exposés des travailleurs pendant une période de relève. Il s'agit d'une valeur définie et déterminée par le NIOSH.

Polluant. – Agent physique, chimique ou biologique qui provoque une dégradation dans un milieu donné.

STEL (TLV – *Short Term Exposure Limit*). – Teneur limite à laquelle les travailleurs peuvent être exposés de façon continue pour une courte période sans souffrir d'irritation, de dommage irréversible aux tissus ou d'une narcose suffisamment grave pour accroître la probabilité de blessure par accident, diminuer la capacité de fuir ou réduire physiquement l'efficacité au travail, en prenant pour acquis que la TLV quotidienne n'a pas été dépassée. Il s'agit d'une valeur définie et déterminée par l'ACGIH.

Teneur. – Quantité de matière solide, liquide ou gazeuse, rapportée à une masse ou à un volume d'autres matières dans lesquelles elle est en mélange, suspension ou dissolution.

Teneur efficace moyenne. – Dans le cas de la toxicité pour la micro-faune, il s'agit de la teneur à laquelle se produit, chez 50 p. 100 de la population, pour une durée d'exposition donnée, un effet tel que l'immobilisation, la perte de l'équilibre, une déficience de croissance ou même la mort. Abrév. TE 50.

Teneur inhibitrice moyenne. – Dans le cas de la toxicité pour la micro-flore ou la micro-faune, il s'agit de la toxicité qui inhibe à 50 p. 100 une activité biologique (par exemple, la croissance) en un temps déterminé. Abrév. TI 50.

Teneur létale minimale. – Dans le cas de la toxicité pour l'homme (la teneur définie ici peut être extrapolée à l'homme), il s'agit de la plus faible teneur (autre que la TL 50) de l'air en une substance dont l'inhalation a été signalée comme cause de la mort d'un animal ou d'une personne. Abrév. TL min.

Teneur létale moyenne (1). – Dans le cas de la toxicité pour l'animal, il s'agit de la teneur à laquelle meurent, au bout d'un temps donné, 50 p. 100 des animaux auxquels on a fait absorber une certaine quantité de substance. Abrév. TL 50.

Teneur létale moyenne (2). – À des fins de comparaison ou d'extrapolation dans l'étude de la toxicité pour l'homme, il s'agit de la teneur (calculée) de l'air en une substance dont l'inhalation est censée provoquer, au bout d'un temps donné, la mort de 50 p. 100 d'une population homogène d'animaux. Elle est déterminée par suite de l'exposition d'un lot statistiquement significatif d'animaux provenant de cette population. Abrév. TL 50.

Teneur plafond. – Teneur maximale admissible établie pour une durée d'exposition bien déterminée, dans le cas d'une substance très toxique. (L'IDLH et la TLV®-C sont des teneurs plafonds.)

Teneur toxique minimale. – La plus faible teneur de l'air en une substance à laquelle des personnes ou des animaux ont été exposés, pour quelque période de temps que ce soit, sans qu'il y ait eu d'effet toxique chez les personnes ou d'effets carcinogènes, néoplastogènes ou tératogènes chez les animaux ou les personnes. Abrév. TT min.

Titre (d'une solution, en chimie). – Rapport de la masse d'une substance dissoute à la masse totale ou du nombre de moles d'un constituant au nombre total de moles.

TLV® *(Threshold Limit Value).* – Teneur limite moyenne (pondérée en fonction du temps) à laquelle la majorité des travailleurs peuvent être exposés régulièrement à raison de 8 heures par jour, 5 jours par semaine, sans subir d'effet nocif. Il s'agit d'une valeur définie et déterminée par l'ACGIH.

TLV®-C *(Threshold Limit Value-Ceiling).* – Teneur limite admissible pour un moment donné. Il s'agit d'une valeur plafond définie et déterminée par l'ACGIH.

Tolérance moyenne. – Niveau de tolérance correspondant à la teneur à laquelle 50 p. 100 des sujets d'un test survivent au bout d'un temps donné. Abrév. TLm.

SIGLES

ACGIH	American Conference of Government Industrial Hygienists
ANSI	American National Standards Institute
ASTM	American Society for Testing and Materials
AWQC	Ambient Water Quality Criteria (USA)
AWWA	American Water Works Association
CBG	Chemical Buyers' Guide (USA)
CCD	Condensed Chemical Dictionary (USA)
CCPA	Canadian Chemical Producers Association
CCT	Commission canadienne des transports
CHRIS	Chemical Hazards Response Information System (USA)
EPA	Environmental Protection Agency (USA)
ITII	International Technical Information Institute (Japon)
MCA	Manufacturing Chemists Association (USA)
MDT	Ministère des Transports (du Canada)
NACE	National Association of Corrosion Engineers (USA)
NAS	National Academy of Sciences (USA)
NFPA	National Fire Protection Association (USA)
NIOSH	National Institute of Occupational Safety and Health
NRC	National Research Council (USA)
OSHA	Occupational Safety and Health Administration (USA)

1 RÉSUMÉ

1.1 Éthylène (C_2H_4)

L'éthylène est un gaz incolore, d'odeur douceâtre.

Synonymes
Élayle, éthène, éthylène liquide, gaz oléfiant, hydrogène bicarboné.

Numéros d'identification
UN 1962 (gaz comprimé); UN 1038 (liquide réfrigéré); CAS 74-85-1; OHM-TADS 7216713; STCC 4905734.

Qualités et titres
Commerce: titre de 99,8 p. 100.
Polymérisation: titre de 99,9 p. 100.
Chimique: titre de 92 p. 100 à 95 p. 100.

Dangers immédiats
Incendie. – L'éthylène est extrêmement inflammable.
Effet sur l'homme. – L'éthylène est peu toxique, quelle que soit la voie d'adsorption.
Effet sur l'environnement. – L'éthylène peut nuire à certaines plantes.

Données relatives aux propriétés physiques

État à l'expédition	Gaz sous pression ou liquide
État (15 °C; 1 atm)	Gaz
Point d'ébullition	- 103,7 °C
Point de fusion	- 169,2 °C
Inflammabilité	Inflammable
Tension de vapeur	4040 kPa à - 1,5 °C
Densité de vapeur relative	0,97 à 25 °C
Masse volumique (à l'état liquide)	0,566 g/ml à - 103,7 °C
Solubilité (dans l'eau)	Insoluble
Comportement (dans l'eau)	Flotte, bout et s'évapore
Comportement (dans l'air)	Nuages de vapeur au niveau du sol initialement
Seuil de perception par l'appareil olfactif	260 ppm à 700 ppm

Dangers pour l'environnement
L'éthylène à l'état gazeux se disperse rapidement. Il ne présente aucun danger de bioconcentration ou de bio-amplification (le long de la chaîne alimentaire). L'éthylène peut cependant nuire à certaines plantes vulnérables à une teneur supérieure à 0,1 ppm.

Dangers pour l'homme
Teneur maximale admissible établie par l'ACGIH (TLV®): asphyxiant simple.
Teneur immédiatement dangereuse pour la vie ou la santé (IDLH): non établie.
Effets en cas d'inhalation. – Les vapeurs n'irritent pas les yeux, le nez ou la gorge. L'éthylène est faiblement toxique, et l'inhalation de teneurs élevées peut occasionner des maux de tête, une somnolence, des étourdissements, des nausées, des vomissements, une narcose et une perte de conscience. Une teneur moyenne de l'atmosphère provoque une perte de conscience.

Effets en cas de contact. – L'éthylène à l'état liquide cause par contact des gelures de la peau et des yeux et de la douleur aux yeux.

Dispositions immédiates à prendre

• En cas de déversement

Interdire l'accès aux lieux où s'est produit l'accident. Signaler «Produit inflammable». Appeler les pompiers et avertir le fabricant. Éliminer toute source possible d'inflammation, interdire la circulation et enlever l'équipement. Arrêter l'écoulement si cela ne présente aucun danger. Éviter tout contact avec le liquide ou les vapeurs. Rester en amont du vent par rapport au déversement.

• En cas d'incendie

Ne pas essayer d'éteindre le feu s'il est impossible d'arrêter la fuite. Un retour de flamme peut se produire le long de la traînée de vapeurs. Refroidir à l'eau les récipients exposés à l'incendie. Ne pas s'approcher des extrémités des citernes. Éteindre le feu à l'aide de mousse extinctrice, de poudre chimique sèche, de CO_2 ou d'eau vaporisée.

Mesures d'intervention d'urgence

• Éthylène répandu sur le sol

Laisser le produit se disperser. Éloigner de l'aire du déversement toute source d'inflammation jusqu'à ce que la teneur en éthylène ait baissé.

• Éthylène déversé dans l'eau

Des teneurs élevées en éthylène de l'eau sont fort improbables. Dans la plupart des cas, une simple aération suffit à éliminer le problème.

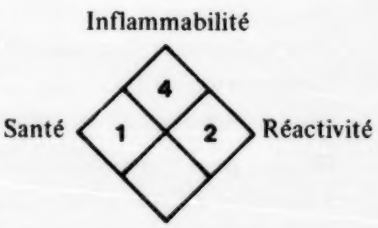
• Fuite d'éthylène dans l'atmosphère

Le nuage de vapeurs se dispersera de lui-même. Utiliser un jet d'eau pulvérisé pour faciliter la dispersion du produit et accélérer la baisse de la teneur.

Niveau de gravité du risque selon la NAS (étatsunienne)

(Catégorie)	(Niveau)
Incendie	4
Santé	
Irritation causée par des vapeurs	0
Irritation causée par le produit à l'état liquide ou gazeux	0
Intoxication	1
Pollution de l'eau	
Toxicité pour l'homme	0
Toxicité pour la vie aquatique	1
Atteinte à l'esthétique de l'environnement	0
Réactivité	
Autres produits chimiques	1
Eau	0
Réaction spontanée	2

Évaluation du risque selon la NFPA (étatsunienne)



2 PROPRIÉTÉS PHYSIQUES ET CHIMIQUES

Propriétés physiques	
Aspect	Gaz incolore (HCG, 1981)
État à l'expédition	Liquide: l'éthylène est expédié à 20 °C sous une pression de 8620 kPa. À moins de 10 °C, le gaz est liquéfié sous pression (HCG, 1981) ou expédié à des températures encore plus froides sous une pression de 4482 kPa (Ethylene, 1980)
État physique (15 °C; 1 atm)	Gazeux
Point de fusion	- 169,2 °C (CRC, 1980; Kirk-Othmer, 1980)
Point de congélation	- 181 °C (CRC, 1980)
Point d'ébullition	- 103,71 °C (Kirk-Othmer, 1980; Ullmann, 1975)
Tension de vapeur	4040 kPa (- 1,5 °C) (CRC, 1980)
Densités	
Masse volumique	À l'état gazeux: 1,2603 g/l à 25 °C (Ullmann, 1975), 1,261 g/l à 0 °C (Matheson, 1980) À l'état liquide: 0,566 g/ml à - 103,7 °C (Kirk-Othmer, 1980; Ullmann, 1975)
Densité de vapeur relative	0,978 à 0 °C (HCG, 1981) 0,97 à 25 °C (Ullmann, 1975)
Propriétés relatives à la combustion	
Inflammabilité	Gaz inflammable (NFPA, 1978)
Température d'inflammation spontanée	425 °C (Ullmann, 1975) 450 °C (NFPA, 1978) 490 °C (Kirk-Othmer, 1980)
Vitesse de combustion	7,4 mm/mn (CHRIS, 1978)
Limite supérieure d'inflammabilité	36 p. 100 (v/v) (NFPA, 1978; Kirk-Othmer, 1980) 28,5 p. 100 (v/v) (Ullmann, 1975)
Limite inférieure d'inflammabilité	2,7 p. 100 (v/v) (NFPA, 1978; Kirk-Othmer, 1980)
Caractéristiques de la combustion	Brûle avec une flamme lumineuse (Merck, 1976)
Chaleur de combustion	1,411 kJ/mol (HCG, 1981; Kirk-Othmer, 1980)
Produits de la combustion	Dioxyde de carbone et eau (CRC, 1980)
Explosibilité	L'éthylène se décompose dans des conditions extrêmes comportant des températures élevées et de fortes pressions, surtout sous l'effet d'un choc (Kirk-Othmer, 1980)
Risque d'inflammation électrique	Peut s'enflammer à la suite d'une décharge d'électricité statique
Solubilité	
• dans l'eau	0,028 g/100 g à 0 °C (Gas Data, 1974)
• dans d'autres produits courants	Se décompose un peu dans l'éthanol, l'acétone et le benzène. Soluble dans l'oxyde d'éthyle (CRC, 1980).

Voici quelques solubilités:

Solvant	Volume de gaz/volume de solvant
Tétrachlorure de carbone	3,8
Acétone	3,8
Benzène	3,6
Acétate de méthyle	3,7
Chlorobenzène	3,0
Éthanol	2,7

(Gas Data, 1974)

Facteur de conversion (en caractères gras) **des unités de masse en unités de volume pour les vapeurs**

1 ppm = **1,164** mg/m^3 à 20 °C (Verschueren, 1977)

Autres propriétés

Masse moléculaire relative de la substance pure

28,0536 (Kirk-Othmer, 1980)

Composition caractéristique

Qualité commerciale: 99,8 p. 100 d'éthylène, 0,1 p. 100 (max.) de méthane et 0,2 p. 100 (max.) d'éthane (Pike, 1981)

Qualité de polymérisation: 99,9 p. 100 d'éthylène et une quantité maximale d'impuretés dont 200 ppm de méthane, 200 ppm d'éthane, 10 ppm de propylène, 4 ppm de C_4 et d'alcènes supérieurs, 5 ppm de dioxyde de carbone, 5 ppm d'eau, 5 ppm de méthanol, 2 ppm d'oxygène, 2 ppm d'acétylène, 2 ppm de chlore, 5 ppm d'autres impuretés (Kirk-Othmer, 1980)

Qualité chimique: 92 p. 100 à 95 p. 100 d'éthylène et une quantité maximale d'impuretés, dont moins de 5 p. 100 à 8 p. 100 d'éthane et de propane, moins de 0,2 p. 100 de C_4 et d'alcènes supérieurs, 100 ppm de propylène, 100 ppm d'acétylènes supérieurs, 10 ppm d'acétylène, 50 ppm d'eau, 10 ppm de dioxyde et de monoxyde de carbone

Indice de réfraction

1,363 à 100 °C (CRC, 1980)

Viscosité

À l'état gazeux: 0,01 mPa · s à 20 °C (CRC, 1980)

À l'état liquide: 0,161 mPa · s à - 103,71 °C (Kirk-Othmer, 1980)

Chaleur latente de fusion

3,35 kJ/mol à - 169,15 °C (Kirk-Othmer, 1980)

Chaleur latente de vaporisation

13,54 kJ/mol à - 103,71 °C (Kirk-Othmer, 1980)

Chaleur de formation

52,47 kJ/mol à 25 °C (JANAF, 1971)

Entropie

0,220 kJ/mol · K à 25 °C (Ullmann, 1975)

Potentiel d'ionisation

10,51 eV (Rosenstock, 1977)

Capacité thermique massique

- à pression constante

À l'état liquide: 2,4647 J/g · °C à - 103,71 °C (Matheson, 1980)

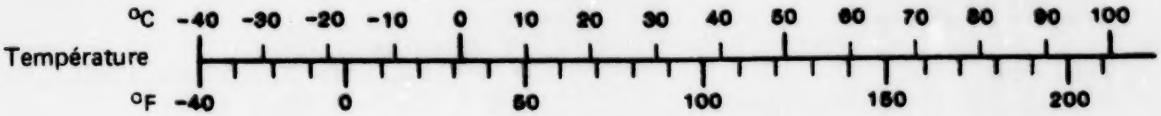
À l'état gazeux: 1,548 J/g · °C à 25 °C (Matheson, 1980)

- à volume constant

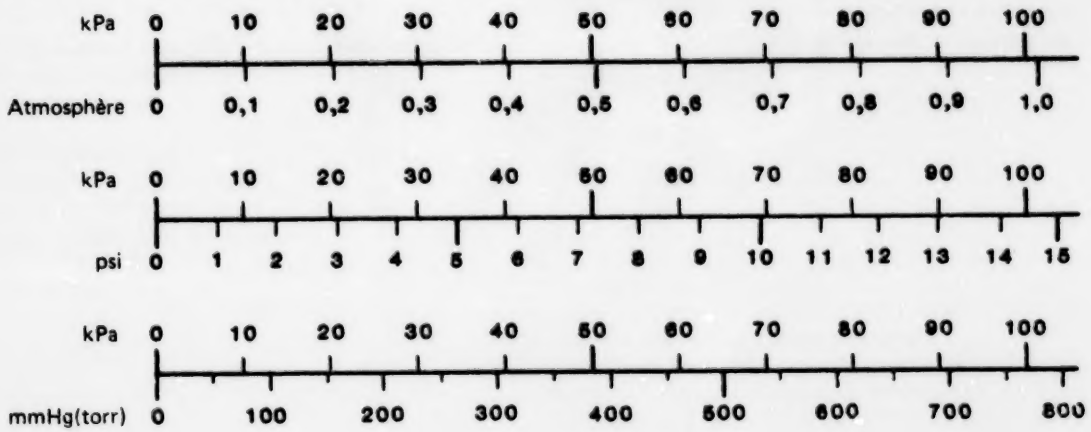
À l'état gazeux: 1,244 J/g · °C à 25 °C (Matheson, 1980)

• pression constante/volume constant	À l'état gazeux: 1,244 (Matheson, 1980)
Pression critique	5117 kPa (HCG, 1981) 5042 kPa (Kirk-Othmer, 1980)
Température critique	9,9 °C (HCG, 1981) 9,2 °C (Kirk-Othmer, 1980)
Point triple	- 169,19 °C à 0,11 kPa (Kirk-Othmer, 1980)
Coefficient de dilatation thermique	$3,7 \times 10^{-3}$/°C à 20 °C (Perry, 1973)
Conductivité thermique	0,01778 W/(m · K) à 0 °C (Matheson, 1980)
Tension superficielle	À l'état liquide à - 103,71 °C: 16,4 mN/m (Kirk-Othmer, 1980)
Log10 du coefficient de partage octanol/eau	1,13 (Hansch and Leo, 1979)

ÉTHYLÈNE — NOMOGRAMMES DE CONVERSION



Pression — 1 kPa = 1 000 Pa



Viscosité

Dynamique — 1 Pa·s = 1 000 centipoises (cPo)

Cinématique — 1 m^2/s = 1 000 000 centistokes (cSt)

Teneur (de l'eau)
1 ppm ≅ 1 mg/l

Énergie (chaleur) — 1 kJ = 1 000 J

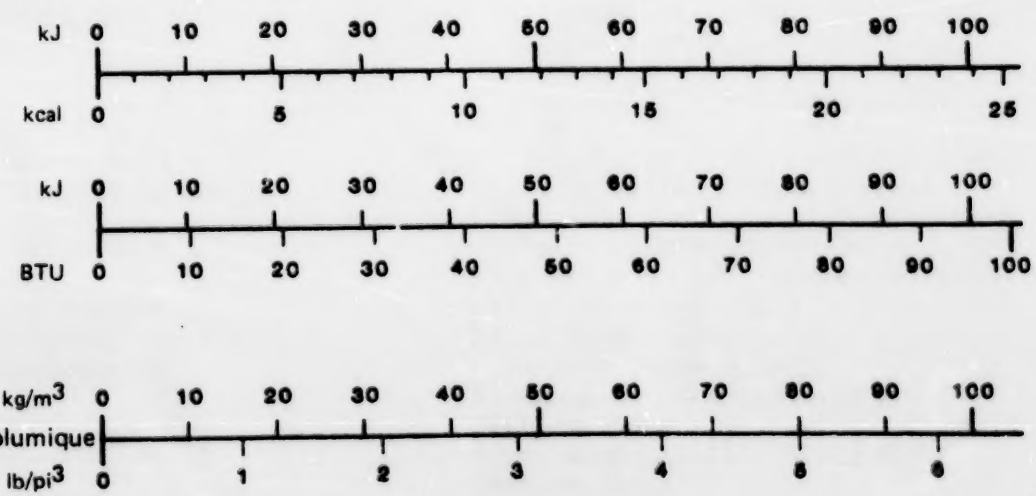


Figure 1

ÉTHYLÈNE — **TENSION DE VAPEUR EN FONCTION DE LA TEMPÉRATURE**

Références: Chem. Eng., 1975; Kirk-Othmer, 1980

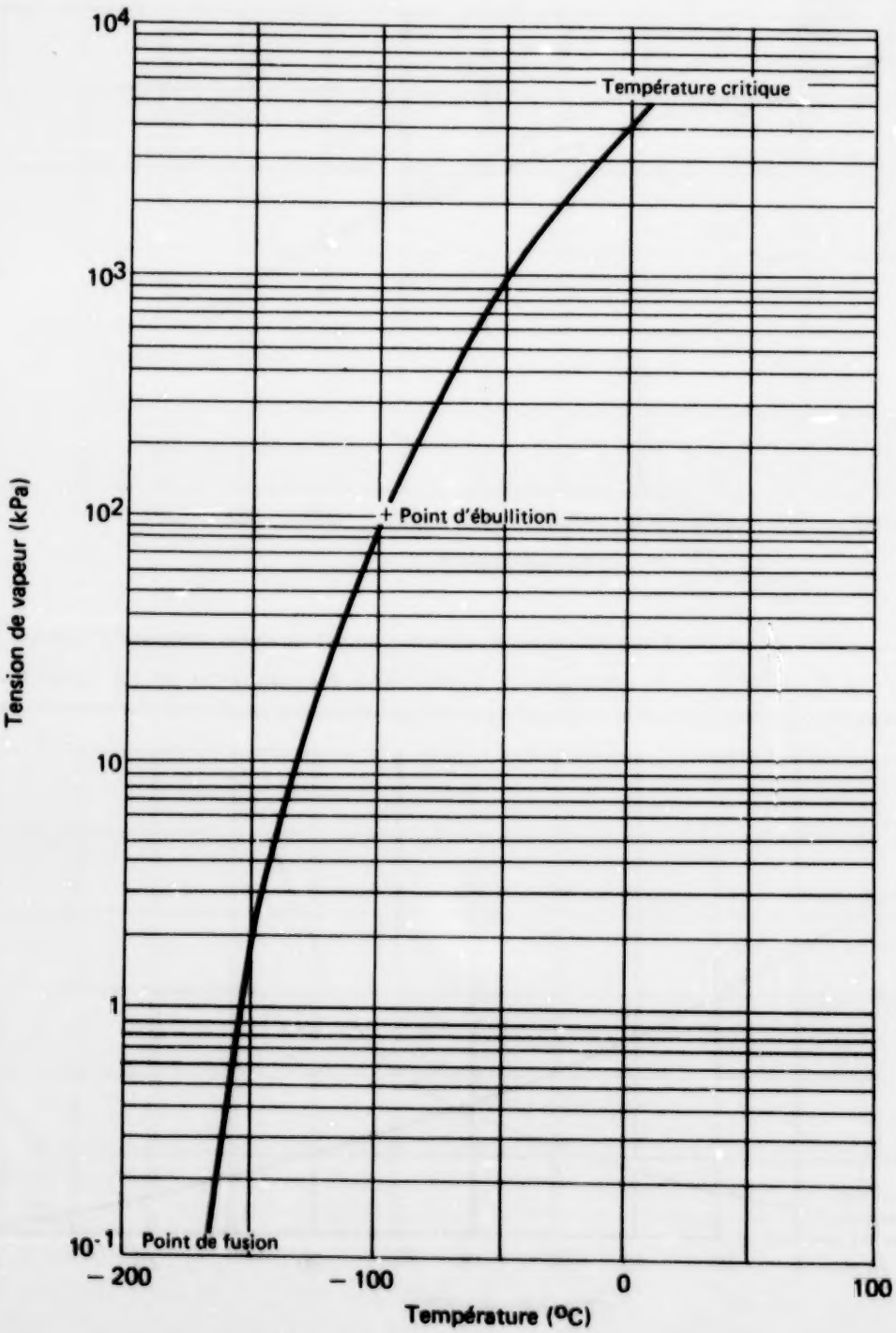


Figure 2

ÉTHYLÈNE — **MASSE VOLUMIQUE DU LIQUIDE EN FONCTION DE LA TEMPÉRATURE**

Références: Gas Data, 1974; Kirk-Othmer, 1980

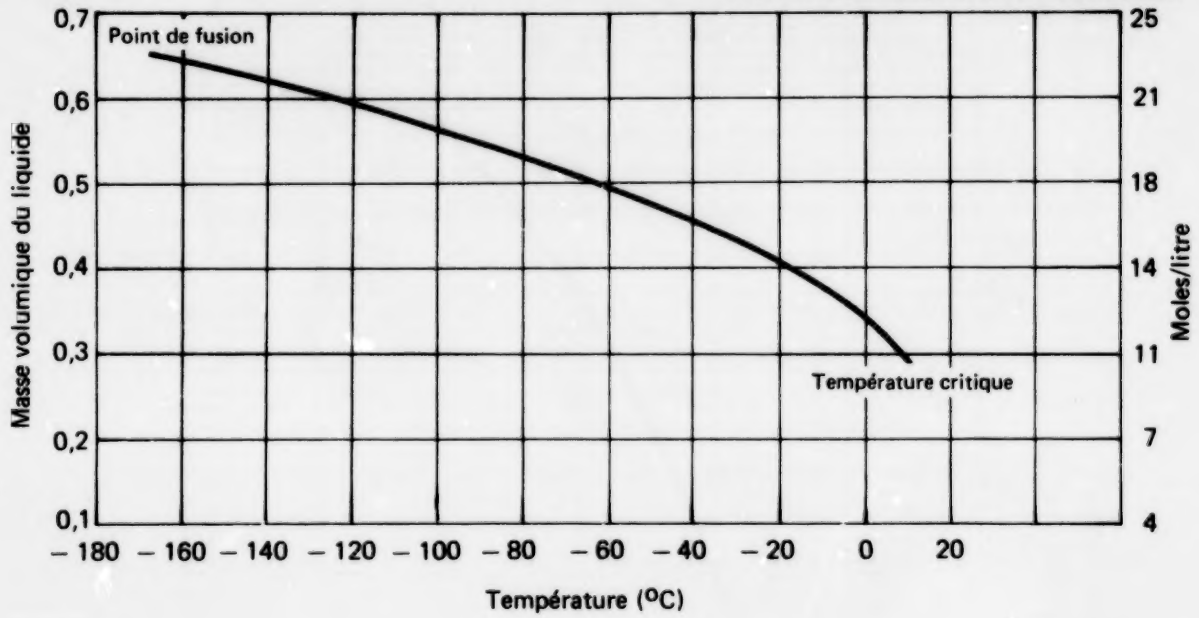


Figure 3

ÉTHYLÈNE — **SOLUBILITÉ DANS L'EAU EN FONCTION DE LA TEMPÉRATURE**

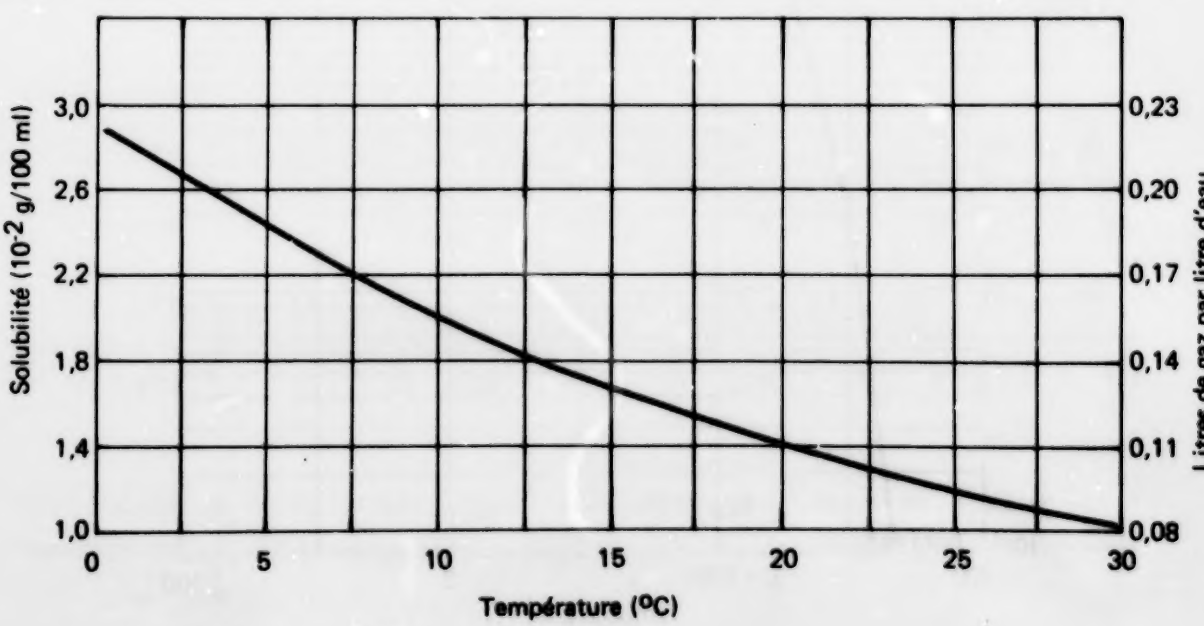


Figure 4

ÉTHYLÈNE — **VISCOSITÉ DU GAZ EN FONCTION DE LA TEMPÉRATURE**

Référence: Chem. Eng., 1975

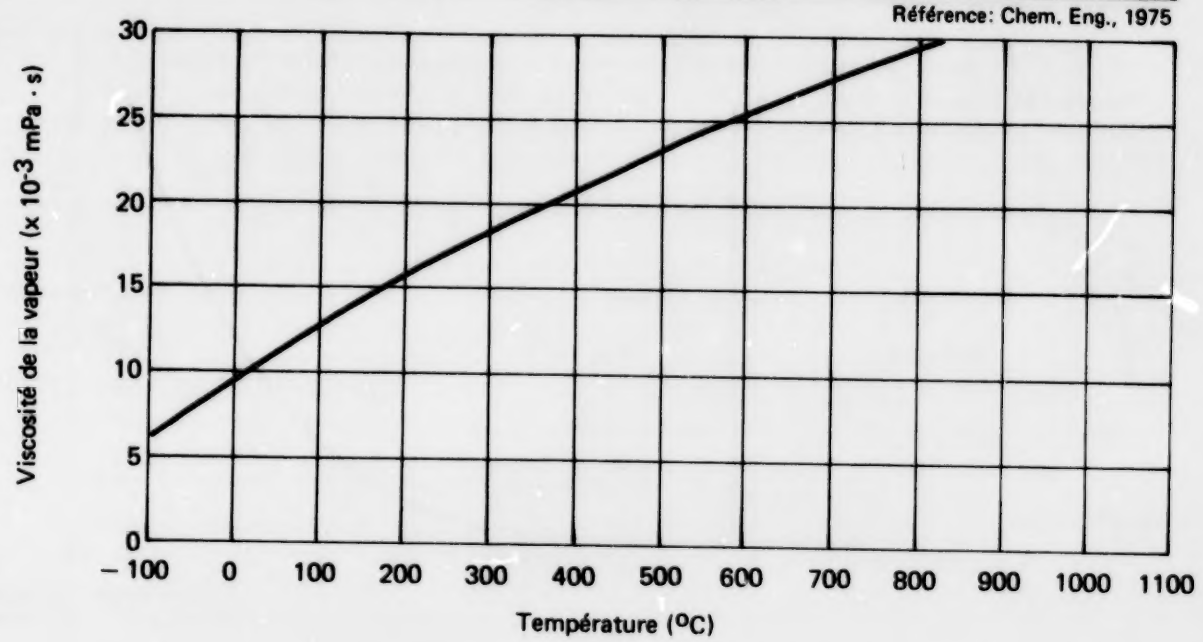


Figure 5

ÉTHYLÈNE — **VISCOSITÉ DU LIQUIDE EN FONCTION DE LA TEMPÉRATURE**

Référence: Chem. Eng., 1975

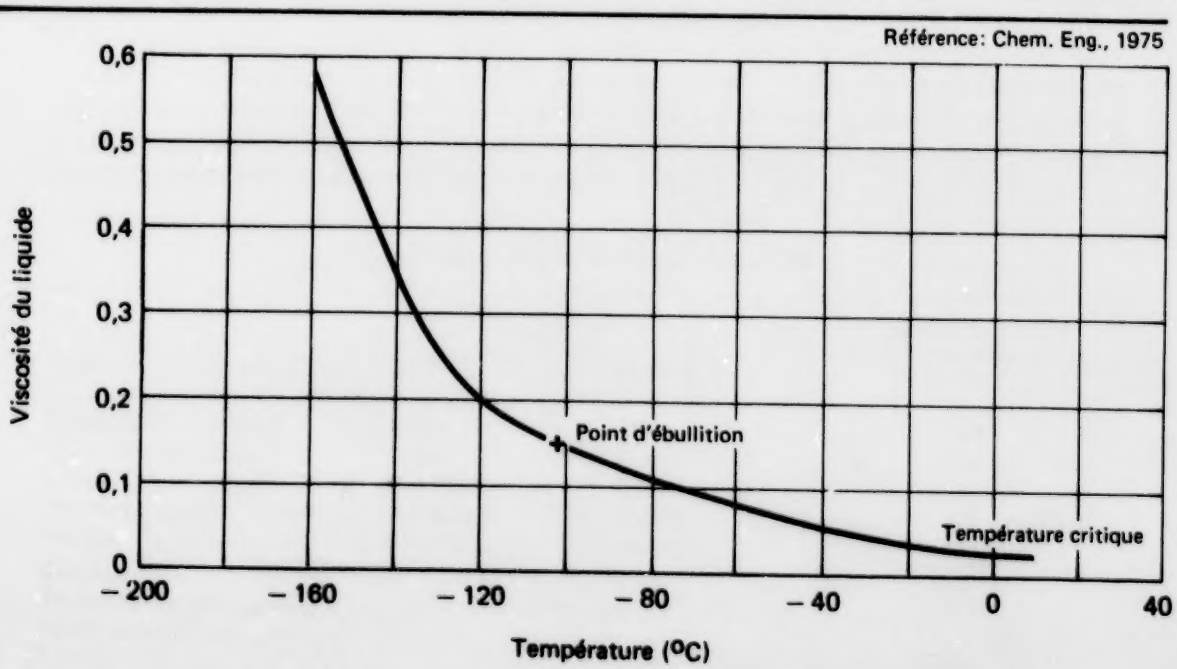
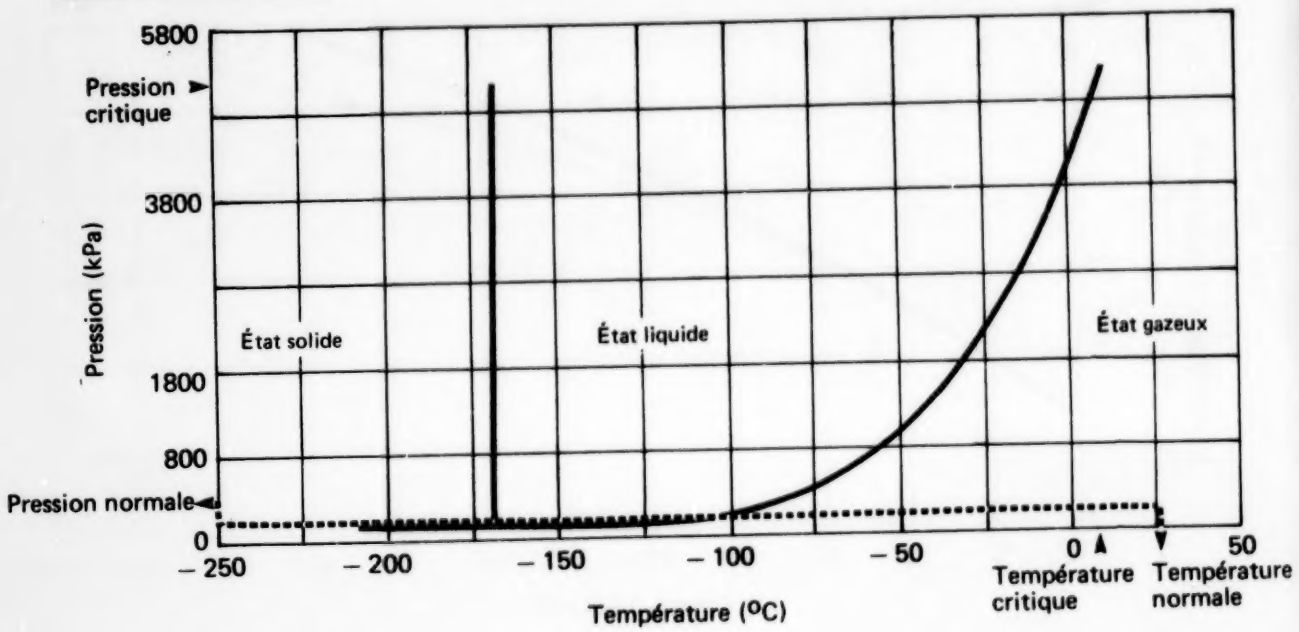


Figure 6

ÉTHYLÈNE — **DIAGRAMME DE PHASE**



3 PRODUCTION, TRANSPORT ET COMMERCE

3.1 Qualités et titres du produit

L'éthylène est vendu habituellement dans les qualités suivantes: commerciale (99,8 p. 100 d'éthylène), polymérisation (99,9 p. 100 d'éthylène) et, à l'occasion, dans la qualité chimique (92 p. 100 à 95 p. 100 d'éthylène) (Chem. Eng., 1981; Kirk-Othmer, 1980; Ullmann, 1975).

3.2 Fabricants situés au Canada (Corpus, 1983; CCPA, 1981; Scott, 1979)

Le lecteur trouvera ci-dessous des adresses de sièges sociaux. Il faudrait noter qu'elles ne sont pas fournies dans le but qu'on s'en serve comme premier recours en cas de déversement accidentel.

Alberta Gas Ethylene Co. Ltd., 333 Fifth Avenue S.W., Suite 500, Calgary, Alberta, T2P 3B6, (403) 263-8130
Esso Chemical Canada, 2300 Yonge Street, Toronto, Ontario, M5W 1K3, (416) 488-6600
Petromont Inc. Petrochemicals, 2020 rue Université, bureau 2000, Montréal, Québec, H3A 2A5, (514) 282-9091
Petrosar, P.O. Box 3060, Sarnia, Ontario, N7T 7M1, (519) 862-2911

3.3 Autres fournisseurs (Corpus, 1983; Scott, 1979)

Dow Chemical Canada Inc., P.O. Box 1012, Modeland Drive Sarnia, Ontario, N7T 7K7, (519) 339-3131
DuPont Canada Inc., St. Clair River Works, Corunna, Ontario, N0N 1G0, (519) 862-1445

3.4 Itinéraires utilisés pour le transport

La production canadienne d'éthylène s'effectue dans trois provinces: l'Ontario, l'Alberta et le Québec. Sarnia et Corunna (Ontario) fabriquent 46 p. 100 de l'éthylène total domestique et Joffre (Alberta) en fabrique 35 p. 100; Varennes et Montréal (Québec) sont également des centres d'élaboration de l'éthylène. Le principal mode d'expédition de l'éthylène est le gazoduc. Il arrive aussi qu'une partie de la production de Sarnia soit expédiée par camion-citerne aux États-Unis en passant par le pont Blue Water (CCPA, 1982).

3.5 Volume de production (Corpus, 1983)

Société	Ville	Province	Capacité nominale en kilotonnes/an (1982)
Alberta Gas Ethylene	Joffre	Alberta	540
Esso Chemical Canada	Sarnia	Ontario	260
Petromont	Montréal	Québec	75
Petromont	Varennes	Québec	225
Petrosar	Corunna	Ontario	450
TOTAL			1550
Production nationale (1983)			1013
Importations (1982)			0,1
TOTAL			1013,1

3.6 Fabrication industrielle (Shreve, 1977; CCPA, 1982; Kirk-Othmer, 1980)

3.6.1 Information générale. – Au Canada, l'éthylène est préparé par craquage du propane, de l'éthane, du butane, du naphta, du gasoil ou est extrait des gaz de raffinage.

3.6.2 Matières premières. – On emploie comme matières premières les coupes d'hydrocarbures mentionnées au paragraphe précédent.

3.6.3 Procédé d'élaboration. – On obtient l'éthylène par craquage (ou pyrolyse) du propane, de l'éthane, du butane, du naphta ou du gasoil, en présence de vapeur d'eau, à des températures de 700 °C à 900 °C, pendant un temps de contact très court, soit 30 à 60 millisecondes. L'opération de craquage produit un tiers d'éthylène mélangé à de nombreux sous-produits. Il faut ensuite procéder à un fractionnement pour le séparer des matières premières qui n'ont pas réagi et qui sont ensuite recyclées. Le gaz de raffinerie contient également de l'éthylène, dans une proportion de 5 p. 100 à 10 p. 100. L'éthylène est alors séparé des autres composants par fractionnement.

3.7 Développement de l'industrie (Corpus, 1983; CCP, 1981)

L'Alberta Gas Ethylene ouvrira bientôt les portes de sa seconde usine de craquage (AGE-2) à Joffre (Alberta) dont la capacité de production devrait atteindre 680 kt/an. Elle prévoit également la construction d'une troisième usine de même capacité pour la fin de 1986 (AGE-3).

3.8 Principales utilisations au Canada (Corpus, 1983)

L'éthylène sert à la fabrication du polyéthylène, de l'oxyde d'éthylène, du chlorure d'éthylène, de l'éthylbenzène, de l'éthanol et du chlorure d'éthyle. En 1982, 54 p. 100 de l'éthylène a servi à la fabrication du polyéthylène, 17 p. 100 à celle de l'oxyde d'éthylène, 16 p. 100 à celle du chlorure d'éthylène et 9 p. 100 à celle de l'éthylbenzène.

3.9 Principaux acheteurs au Canada (Corpus, 1983; CBG, 1980)

Celanese Canada, Edmonton, Alb.
C-I-L, Edmonton, Alb.
Commercial Alcohols, Varennes, Qc
Dow Chemical Canada, Sarnia, Ont.
DuPont Canada, Corunna, Ont.
Éthyl Canada, Corunna, Ont.
Hercules Canada, Varennes, Qc
Polysar, Sarnia, Ont.
Shell Canada Chemical Corunna, Ont.
Union Carbide Canada, Montréal, Qc; Corunna, Ont.

4 MANUTENTION DU PRODUIT ET COMPATIBILITÉ

4.1 Conteneurs et autres récipients de transport

4.1.1 Information générale. – L'éthylène est habituellement transporté par gazoduc. L'éthylène à l'état gazeux est expédié ainsi au moyen de compresseurs centrifuges ou alternatifs spéciaux. On ne transporte par wagon-citerne ou par camion-citerne que des quantités minimes d'éthylène, par comparaison au volume acheminé par gazoduc, en raison essentiellement des frais occasionnés par le contrôle et la régulation de la pression dans les citernes (Chem. Eng., 1983; Ethylene, 1980). On emploie également des bouteilles à gaz comprimé pour le transport de petites quantités d'éthylène. Il existe aussi des navires spécialement équipés pour le transport de l'éthylène; toutefois, ils viennent rarement jeter l'ancre dans les ports canadiens.

4.1.2 Wagons-citernes. – Le transport par rail de l'éthylène ne peut se faire qu'avec un permis spécial dans des wagons-citernes conçus à cette fin, de type 113C120W. La citerne de ces wagons est en acier inoxydable 304, avec une enveloppe extérieure en acier. L'espace annulaire entre la citerne et l'enveloppe est rempli de perlite et est purgé sous une pression maximale de 0,01 kPa à 0,1 kPa (0,07 psi à 0,7 psi). La charge utile de ce type de wagon-citerne est de 63,3 t, et sa tare est de 52,6 t. L'éthylène est transporté à l'état liquide réfrigéré sous des pressions de moins de 380 kPa (55 psi) (Ethylene, 1980).

4.1.3 Véhicules-citernes routiers. – Il faut un permis spécial pour effectuer le transport de l'éthylène liquide par camion-citerne. L'éthylène est transporté à l'état liquide surfondu dans une citerne à double paroi, dont l'espace interparoi est vide. Une petite flotte de camions-citernes effectue le transport de l'éthylène liquide entre Sarnia et les États-Unis, en passant par le pont Blue Water. Ces véhicules ont une tare de 15 t et une charge utile de 20 t. La pression de service maximale autorisée est d'environ 324 kPa (47 psi) (Ethylene, 1980).

4.1.4 Bouteilles à gaz comprimé. – Les bouteilles à gaz permises pour le transport de l'éthylène par la Commission canadienne des transports sont énumérées au tableau 2. L'éthylène est contenu à l'état liquide dans ces bouteilles sous une pression élevée. Ces bouteilles à gaz servent habituellement au transport de petites quantités d'éthylène comme celles consommées dans un laboratoire. Elles sont munies d'une soupape d'échappement normalisée n° 350 de la Compressed Gas Association, avec un filetage de 0,825 pouce, filet extérieur à gauche, acceptant un raccord rond. Les bouteilles de lecture (contenance de 0,5 kg à 1 kg) ont une soupape d'échappement spéciale avec filet intérieur de 5/16 po (32 pas au pouce) et filet extérieur de 9/16 po (18 pas au pouce) (Matheson, 1980).

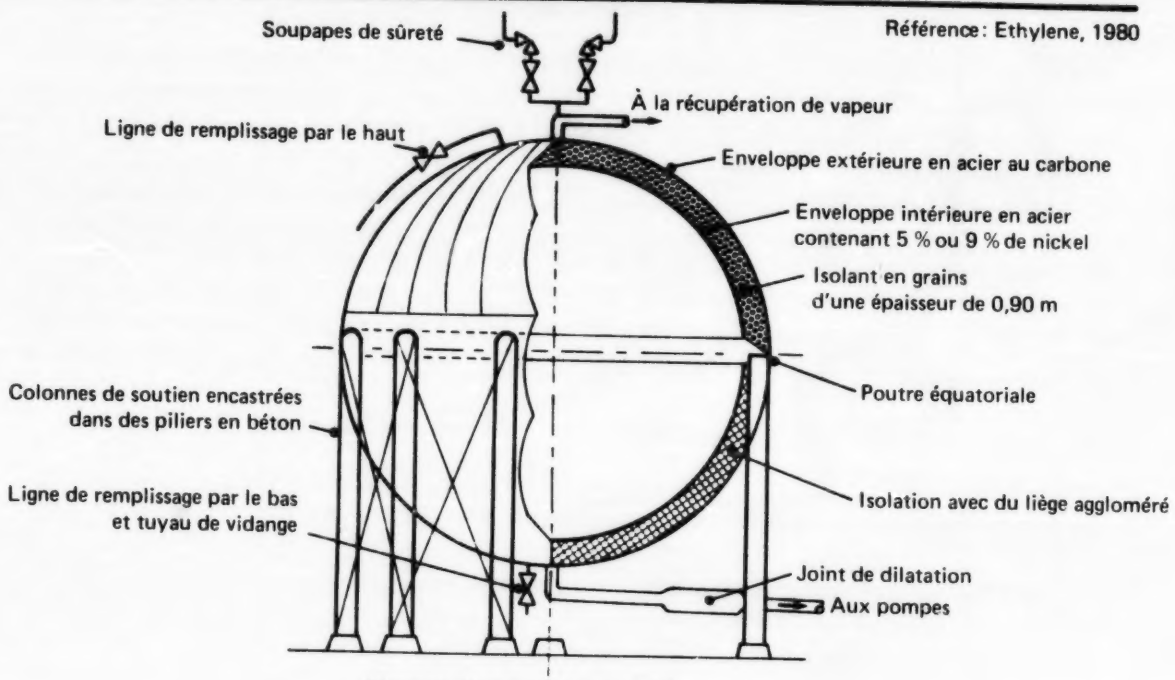
4.1.5 Gazoducs. – L'éthylène est habituellement transporté par gazoduc. Sa température critique est de 9,9 °C, degré qui se rapproche de la température ambiante du sol. C'est pourquoi, dans le but d'éviter un régime d'écoulement variable ainsi qu'une perte de chaleur, on expédie l'éthylène à l'état gazeux. Ces gazoducs ont deux modes de fonctionnement, sous-critique et surcritique, correspondant à la gamme de pressions au-dessus ou au-dessous de la pression critique de 5100 kPa (740 psi). Dans les deux cas, la condensation produite par une baisse légère de la pression est ainsi évitée. Les canalisations exploitées à des pressions sous-critiques fonctionnent à 2000 kPa à 4400 kPa (290 psi à 638 psi), et la température de l'éthylène gazeux atteint entre 0 °C et 20 °C. Dans ces conditions, le gaz a une masse volumique de 27 kg/m^3 à 100 kg/m^3.

Tableau 2
Bouteilles à gaz comprimé employées pour le transport de l'éthylène

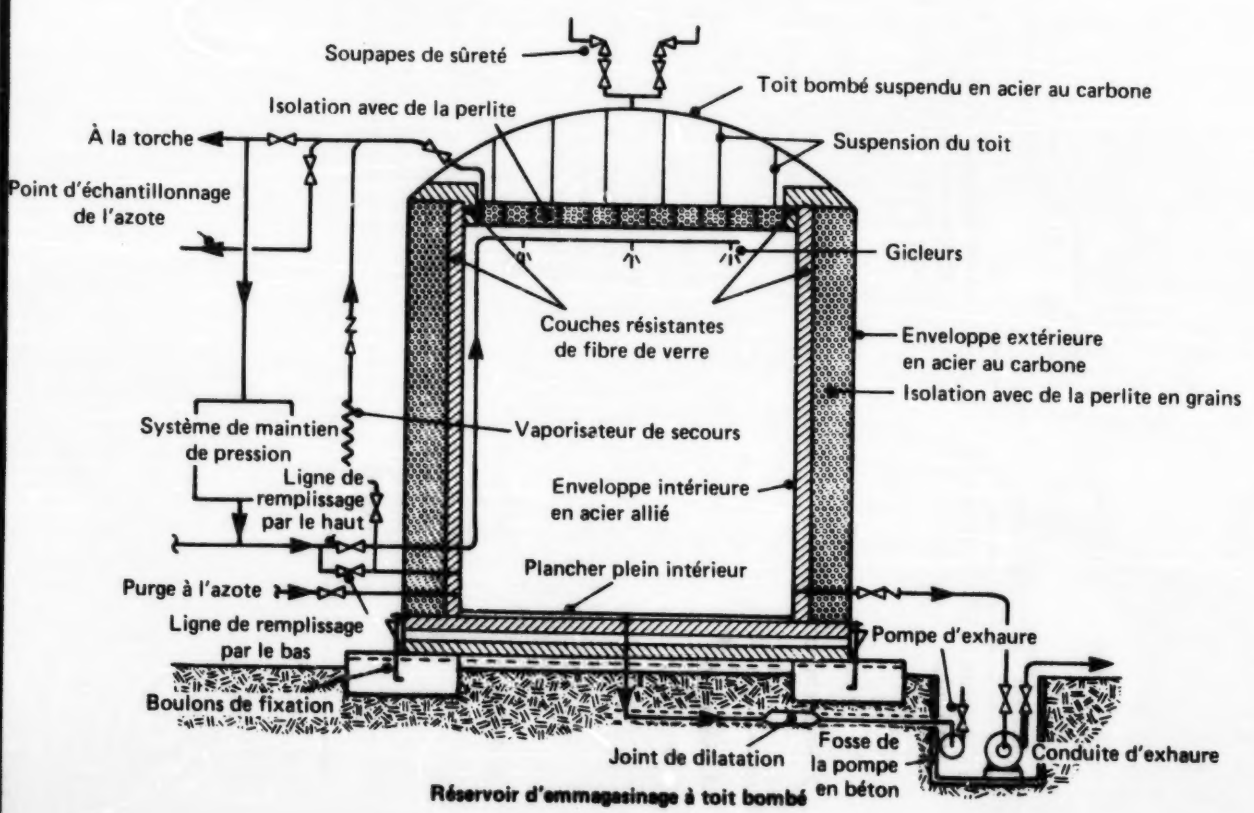
Numéros de code des bouteilles		
Commission canadienne des transports	DOT (États-Unis)	Spécifications
3A 3AA	800 800	Bouteille à gaz en acier, sans soudure, de contenance de moins de 1000 lb (masse en eau), de densité maximale de remplissage de 31,0 p. 100 et de pression d'utilisation de 12 400 kPa (1800 psi)
3A 3AA	2000 2000	Bouteille à gaz en acier, sans soudure, de contenance de moins de 1000 lb (masse en eau), de densité maximale de remplissage de 32,5 p. 100 et de pression d'utilisation de 13 800 kPa (2000 psi)
3A 3AA	2400 2400	Bouteille à gaz en acier, sans soudure, de contenance de moins de 1000 lb (masse en eau), de densité maximale de remplissage de 35,5 p. 100 et de pression d'utilisation de 16 600 kPa (2400 psi)
3E	800	Bouteille à gaz en acier, sans soudure, de contenance de moins de 1000 lb (masse en eau), de densité maximale de remplissage de 31,0 p. 100 et de pression d'utilisation de 12 400 kPa (1800 psi)
39	39	Bouteille à gaz uniservice en acier, constituée d'un tube sans soudure, de contenance spécifique et de densité de remplissage et pression d'utilisation correspondant à celles des bouteilles précédentes

Les canalisations exploitées à des pressions surcritiques fonctionnent à 5400 kPa à 9800 kPa (780 psi à 1420 psi), et la température de l'éthylène gazeux se situe entre 2 °C et 20 °C. La masse volumique du gaz dans ces conditions varie entre 200 kg/m^3 et 400 kg/m^3. Le mode surcritique a un rendement supérieur, correspondant à la différence de masse volumique du gaz, (5 à 8 fois), et est par conséquent le plus communément employé dans les gazoducs (Ethylene, 1980).

Référence: Ethylene, 1980



Réservoir d'emmagasinage sphérique



Réservoir d'emmagasinage à toit bombé

Tableau 3
Compatibilité de l'éthylène et de certains matériaux de fabrication

Application	État de l'éthylène			
	Température	Matériau recommandé	Réserves	Matériau déconseillé
1. Conduites et raccords	La plupart	Acier inoxydable (Schedule 80) Alliages de nickel (DCRG, 1978) Acier inoxydable 304 (Chem Eng., 1981)		
			Acier au carbone (Chem Eng., 1981)	
2. Robinetterie		Acier allié Acier moulé avec doublure en PVC (DCRG, 1978)		
3. Réservoirs		Acier avec 5,0 p. 100 de nickel (ASTM 645-75a) Acier avec 5,5 p. 100 de nickel Acier avec 9,0 p. 100 de nickel (ASTM 353-64 et 353-65) Acier inoxydable (ASTM 240-304) Aluminium (ASTM 209-5083-0) (Ethylene, 1980)		
4. Autres	24 °C à 100 °C	Verre (CDS, 1967)		
	24 °C	Béton, bois (CDS, 1967)		
	66 °C	Chlorure de polyvinylidène (DCRG, 1978)		
	79 °C	Polypropylène		
	107 °C	Polyéther chloré (DCRG, 1978)		
	135 °C	Fluorure de polyvinylidène (DCRG, 1978)		

4.2 Emmagasinage

Les usines emmagasinent fréquemment l'éthylène dans des réservoirs spécialement conçus, suivant la spécification 620, annexe Q, de l'American Petroleum Institute. Ces réservoirs cryogènes ont une enveloppe intérieure en acier inoxydable ou en acier contenant du nickel et une enveloppe extérieure en acier au carbone. L'espace entre les deux enveloppes est isolé. Ce type de réservoir peut contenir jusqu'à 24 000 m^3 (8,5 x 10^5 pi^3) d'éthylène liquide. Deux réservoirs cryogènes sont illustrés à la figure 7 (Ethylene, 1980).

Les fabricants emploient également des dômes de sel souterrains pour l'emmagasinage de l'éthylène. Par exemple, la compagnie Dome se sert depuis la fin des années 50 d'un réseau de cavernes souterraines à Midland, Michigan, pour emmagasiner l'éthylène (Ethylene, 1980; Kirk-Othmer, 1980).

4.3 Compatibilité de l'éthylène et des matériaux de fabrication

La compatibilité de l'éthylène et des matériaux qui entrent dans la fabrication de l'équipement de service est indiquée au tableau 3. Le système d'évaluation utilisé est décrit brièvement ci-après.

Recommandé: Le matériau aura une performance satisfaisante avec l'application indiquée.

Avec réserves: Le matériau montrera des signes de détérioration avec l'application indiquée; il peut convenir pour un usage intermittent ou pour un service de courte durée.

Déconseillé: L'application indiquée causera une grave détérioration du matériau; son usage est donc déconseillé.

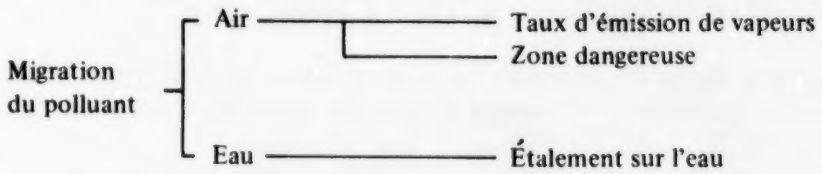
5 FUITE ET MIGRATION DE L'ÉTHYLÈNE

5.1 Aperçu général

L'éthylène est habituellement acheminé à l'état gazeux par gazoduc. Libéré dans l'environnement, l'éthylène se disperse rapidement sous forme de nuage de vapeurs. Le nuage de vapeurs a tendance à rester au ras du sol et à s'étendre plutôt qu'à s'élever et se disperser rapidement dans la haute atmosphère.

L'éthylène déversé à la surface du sol se vaporise. Il y a peu de risques de pollution par adsorption sur le sol et infiltration jusqu'à la nappe phréatique.

L'étude de la migration de l'éthylène dans l'air, l'eau et le sol porte sur les facteurs suivants:



5.2 Nomogrammes relatifs aux fuites du produit

Étant donné les quantités minimes d'éthylène transportées par wagon-citerne ou par camion-citerne, aucun nomogramme relatif aux fuites n'a été élaboré.

5.3 Diffusion atmosphérique

5.3.1 Introduction. – L'éthylène liquéfié, sous pression, est extrêmement volatil, et lorsqu'il est déversé sur le sol ou dans un cours d'eau, il se vaporise assez rapidement pour qu'on considère que son déversement produira instantanément une bouffée de vapeurs. Une fuite d'éthylène à l'état gazeux produira le même type d'émission. C'est pourquoi, dans les pages qui suivent, il sera principalement question de l'émission d'éthylène gazeux dans l'atmosphère.

Pour évaluer les teneurs en vapeurs du côté sous le vent par rapport au lieu de l'accident en vue de déterminer la zone dangereuse sur le plan de la toxicité ou de l'inflammabilité, il faut modéliser le transport des vapeurs et leur diffusion (turbulente) dans l'atmosphère. Les modèles utilisés supposent une répartition gaussienne des teneurs au sein du panache; ce sont les plus répandus pour la prévision des teneurs en polluants. (Le lecteur trouvera de plus amples renseignements à ce sujet dans le *Manuel d'introduction* de la collection Enviroguide.)

La figure 8 schématise la diffusion d'un panache polluant formé par l'émission accidentelle d'une bouffée. Le modèle de diffusion considère l'aire de l'accident comme un point source d'émission instantanée, avec une masse de vapeurs émises m_e équivalant à la masse totale m de polluant déversé.

5.3.2 Nomogrammes de diffusion d'une bouffée de vapeurs et conditions météorologiques. – Les nomogrammes de diffusion atmosphérique servent à déterminer la zone dangereuse sur le plan de la toxicité et de l'inflammabilité. Les nomogrammes, figures et tableaux présentés ci-après apparaissent dans l'ordre dans lequel ils doivent être utilisés.

Tableau 4 Conditions météorologiques (catégories de stabilité)

Figure 8

ÉTHYLÈNE **FORMATION D'UNE BOUFFÉE DE VAPEURS**

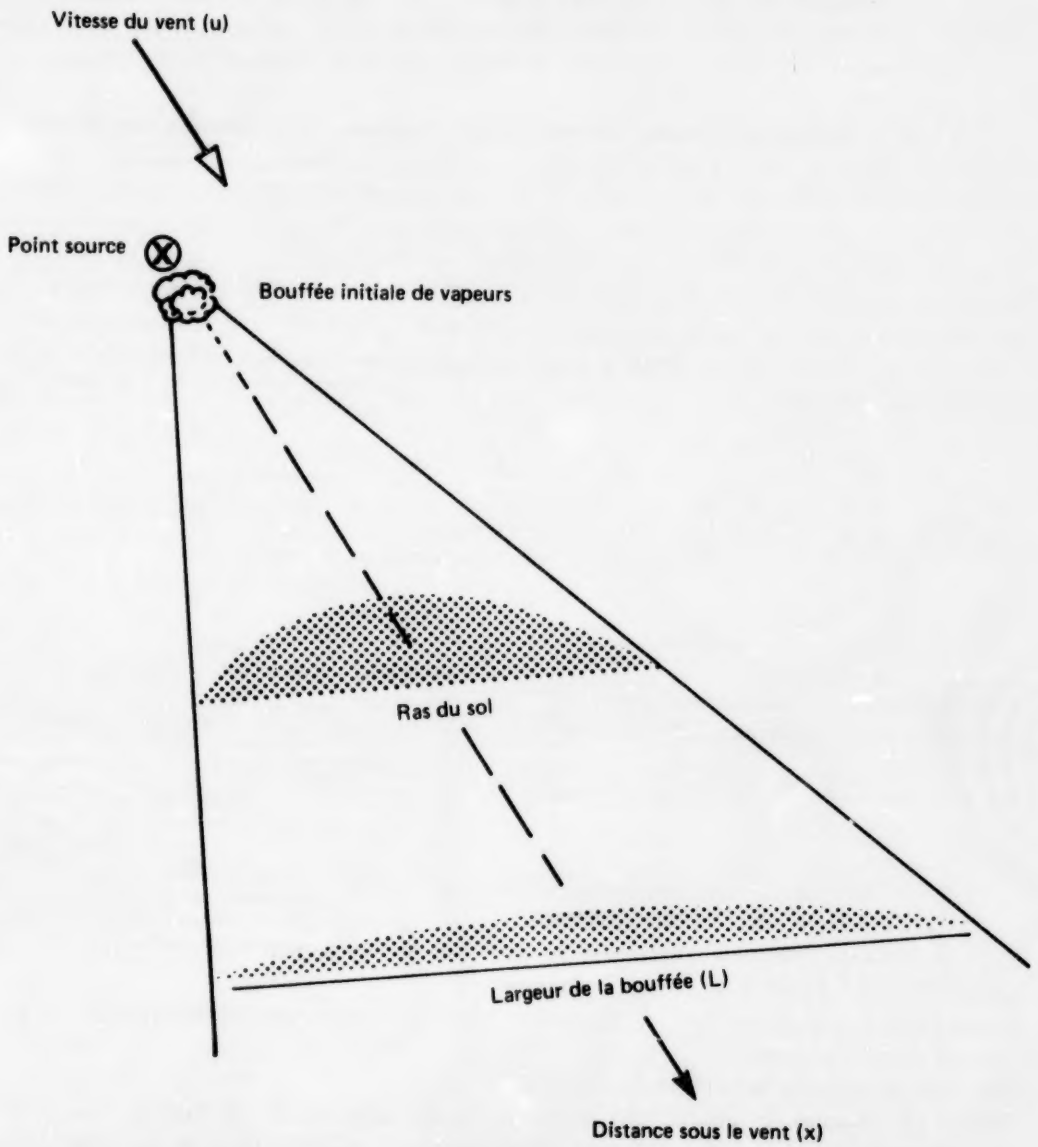


Figure 10 Teneur uniformisée en vapeurs, calculée en fonction d'une distance donnée sous le vent et pour différentes catégories de conditions météorologiques
Tableau 5 Demi-largeurs maximales de la bouffée dangereuse
Figure 12 Distance parcourue par la bouffée, calculée en fonction du temps écoulé depuis le déversement et pour différentes vitesses de vent

La figure 9 indique les étapes à suivre dans le calcul de la diffusion des vapeurs et dans le choix des nomogrammes et des tableaux à utiliser. En fait, seules les étapes encadrées par un pointillé sont décrites dans la présente section. Le lecteur trouvera dans les paragraphes qui suivent l'information relative à chacun des nomogrammes de diffusion et à son utilisation.

5.3.2.1 Teneur uniformisée en vapeurs en fonction de la distance sous le vent. – La figure 10 illustre la relation qui existe entre la teneur en polluant, sous forme de vapeurs, et la distance sous le vent pour les catégories D et F de conditions (météorologiques) de stabilité. Le nomogramme a été établi à l'aide des modèles de diffusion décrits dans le *Manuel d'introduction* de la collection Enviroguide. La teneur en vapeurs est représentée par la teneur uniformisée T/m_e au niveau du sol le long de la médiane de la bouffée schématisée. La catégorie F de conditions météorologiques est la moins propice à la diffusion de la bouffée; la catégorie D est la plus fréquente presque partout au Canada. Il faut déterminer la catégorie appropriée (tableau 4) avant d'utiliser la figure 10.

Tableau 4
Conditions météorologiques (catégories de stabilité)

Catégorie F	Catégorie D
Vitesse du vent $<$ 11 km/h ($\simeq$ 3 m/s) et l'une des situations suivantes: ciel couvert durant le jour; nuit; forte inversion de température	Valable pour toutes les autres conditions

UTILISATION DU NOMOGRAMME

La distance maximale dangereuse du côté sous le vent x peut être déterminée à l'aide de la figure 10, si l'on possède les données suivantes:
Masse totale m_e de vapeurs émises (équivalant à la masse totale m de liquide déversé), en g.
Vitesse du vent u, en m/s.
Catégorie de conditions (météorologiques) de stabilité.
Teneur T dangereuse limite, soit la valeur la moindre entre 10 fois la *Threshold Limit Value*® (g/m^3) et la limite inférieure d'inflammabilité (g/m^3). Dans le cas d'un asphyxiant simple, la TLV® ne s'applique pas. La teneur à laquelle un polluant abaisse la teneur en oxygène à moins de 18 p. 100 v/v (niveau d'asphyxie) est de 14 p. 100 v/v. Par conséquent, on utilise la moindre valeur entre 14 p. 100 v/v et la L.I.I. À noter que la figure 11 permet de convertir en g/m^3 la valeur de la L.I.I. ou de la teneur asphyxiante, toutes deux exprimées en pourcentage par volume.

Figure 9

ÉTHYLÈNE — **ÉTAPES À SUIVRE POUR DÉTERMINER LA ZONE DANGEREUSE**

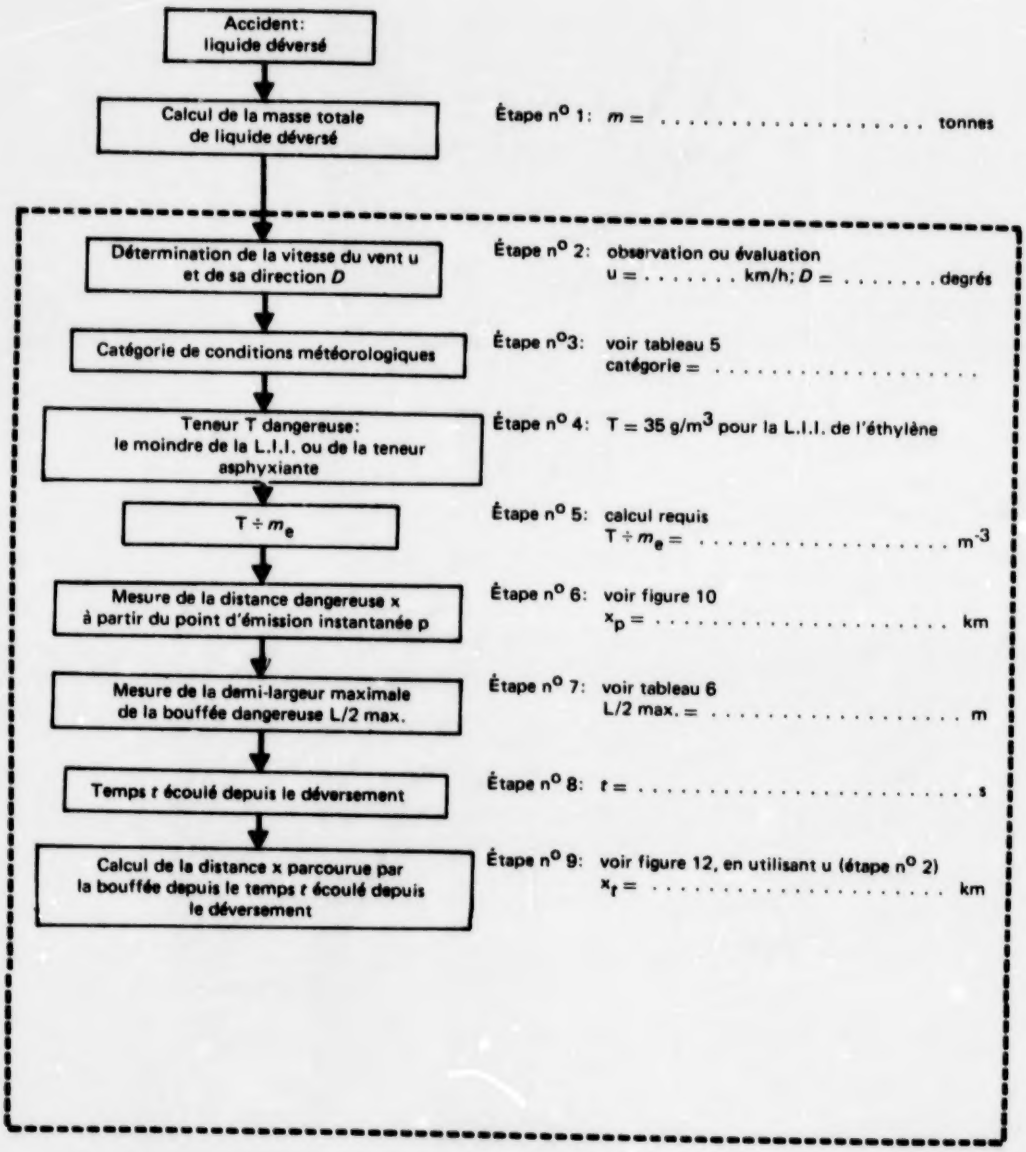
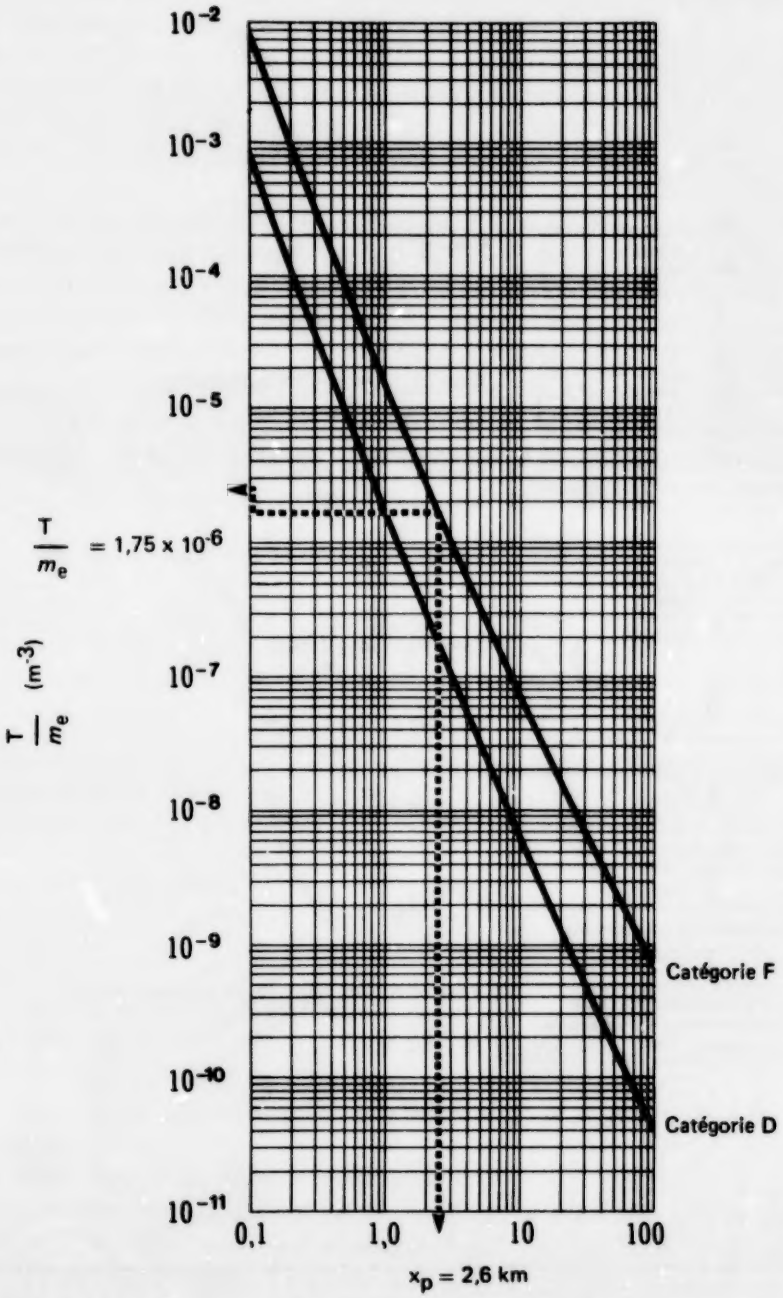


Figure 10

ÉTHYLÈNE

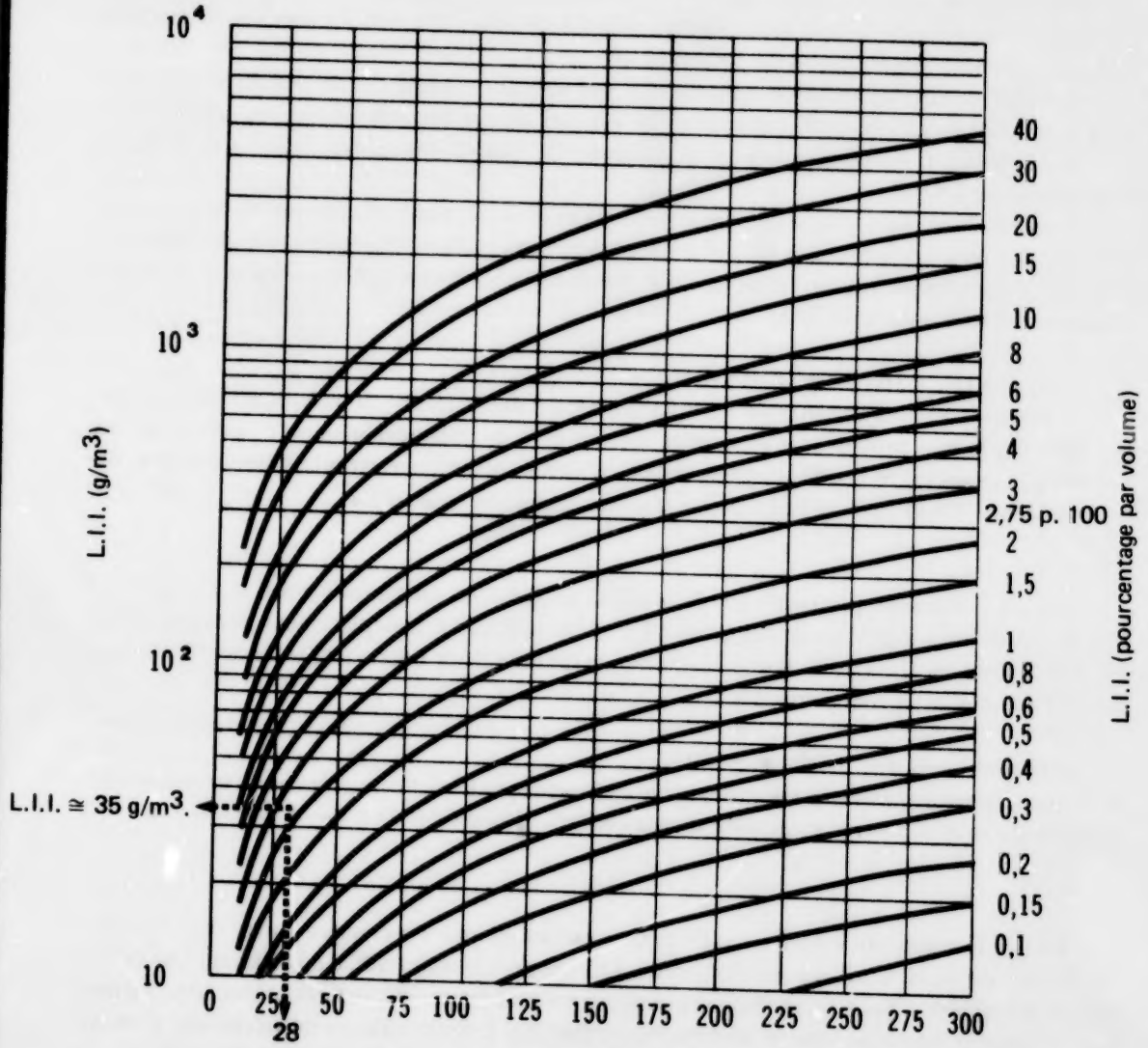
TENEUR UNIFORMISÉE EN VAPEURS EN FONCTION DE LA DISTANCE SOUS LE VENT



Distance maximale de la zone dangereuse sous le vent x (km)

Figure 11

ÉTHYLÈNE — **CONVERSION DES UNITÉS DE LA LIMITE INFÉRIEURE D'INFLAMMABILITÉ (L.I.I.) (pourcentage par volume converti en g/m^3)**



Par exemple, dans le cas de l'éthylène, si M mol. = 28 et L.I.I. = 2,75 p. 100, L.I.I. ~ 35 g/m^3.

Remarque. — Ces données sont valables pour une température de 25 °C et une pression de 750 mm de Hg.

5.3.2.2 Demi-largeur maximale de la bouffée dangereuse. – Le tableau 5 présente des valeurs de la demi-largeur maximale de la bouffée L/2 max. pour une plage de valeurs de m_e en fonction des conditions de stabilité D et F. Ces valeurs ont été calculées à l'aide des modèles de diffusion expliqués dans le *Manuel d'introduction*, en supposant une teneur dangereuse limite (dans le présent cas, la limite inférieure d'inflammabilité de l'éthylène) de 35 g/m^3. La demi-largeur maximale de la bouffée dangereuse représente la demi-largeur maximale du nuage de vapeurs d'éthylène, situé du côté sous le vent, et atteint la L.I.I. Le tableau 5 ne s'applique donc que dans le cas de cette teneur limite égale à la L.I.I. de l'éthylène, soit 35 g/m^3. À noter que la distance maximale considérée est de 100 km.

Dans les conditions (météorologiques) de stabilité D, la plage de vitesses du vent s'étend de 1 m/s à 30 m/s. L'éventail des masses de vapeurs émises instantanément m_e utilisé va de 0,5 t à 1 100 000 t. Le tableau 5, pour la catégorie D, fournit des chiffres calculés en fonction de masses jusqu'à 1100 t.

Dans les conditions (météorologiques) de stabilité F, la plage de vitesses du vent s'étend de 1 m/s à 3 m/s. L'éventail des masses de vapeurs émises instantanément m_e utilisé va de 0,5 t à 50 000 t. Le tableau 5, pour la catégorie F, fournit des chiffres calculés en fonction de masses pouvant atteindre jusqu'à 50 000 t.

UTILISATION DU NOMOGRAMME

À partir de valeurs connues de m et en fonction d'une catégorie donnée de stabilité, choisir la valeur m_e la plus proche fournie dans le tableau et la demi-largeur maximale correspondante L/2 max., en mètres. Si un résultat plus précis est désiré, déterminer par interpolation les valeurs m_e et L/2 max. (Voir également l'exemple qui accompagne le tableau 5.)

5.3.2.3 Distance parcourue par la bouffée, en fonction du temps écoulé. – La figure 12 indique la distance x parcourue par la bouffée après un temps t de déplacement pour une vitesse de vent u donnée. Il s'agit de la représentation graphique de la relation $x_t = ut$ appliquée à un éventail de vitesses de vent courantes.

UTILISATION DU NOMOGRAMME

Connaissant le temps écoulé t depuis le déversement et la vitesse du vent u, on peut déterminer la distance parcourue x_t du côté sous le vent par la bouffée.

5 3.3 Exemple de calcul. – L'exemple qui suit illustre les étapes à suivre dans le calcul qui permet de déterminer la zone dangereuse du côté sous le vent du lieu où se produit un déversement d'éthylène liquide. L'utilisateur prendra note des limites des méthodes de calcul décrites dans le présent guide ou dans le *Manuel d'introduction*. Les estimations ne valent que pour les conditions précisées. En cas de déversement réel, se servir si possible de données connues ou observables (par exemple, la masse de produit déversé).

DONNÉES DU PROBLÈME

Au cours de la nuit, vers 2 h, 20 tonnes d'éthylène ont été déversées sur un sol plat. Il est maintenant 2 h 5. La température est de 20 °C, et le vent souffle du nord-ouest à une vitesse de 7,5 km/h. Déterminer la zone de vapeurs dangereuses.

Tableau 5
Demi-largeurs maximales de la bouffée dangereuse

Catégorie de stabilité D			Catégorie de stabilité F		
m_e (t)	L/2 max. (m)		m_e (t)	L/2 max. (m)	
1 100 000	3 990	x = 98,4 km*	50 000	1 820	x = 97,1 km*
1 000 000	3 850		25 000	1 360	
750 000	3 450		10 000	915	
500 000	2 950		7 500	810	
400 000	2 710		5 000	680	
300 000	2 430		2 000	460	
200 000	2 080		1 500	410	
150 000	1 865		1 000	350	
100 000	1 595		750	315	
75 000	1 430		500	270	
50 000	1 225		250	205	
25 000	940		200	190	
10 000	670		100	145	
5 000	520		50	110	
2 000	370	m_e = 20 t →	20	80	→ L/2 max. = 80
1 000	285		10	60	
500	220		7,5	55	
250	170		5	45	
100	120		2,5	35	
50	95		1	25	
20	70		0,5	20	
10	55				
5	45				
2,5	35				
1	25				
0,5	20				

* Les valeurs de demi-largeur valent jusqu'à cette distance.

Remarque. – Les données ci-dessus ne valent que pour une L.I.I. de 35 g/m^3.

Exemple. – Pour une masse de vapeurs émises m = 20 t et des conditions météorologiques de catégorie F, on obtient une demi-largeur maximale de la bouffée L/2 max. de 80 m.

ÉTAPES DU CALCUL

Étape 1 La masse de produit déversé est connue, soit m = 20 t ou 20 x 10^6 g ou 2 x 10^7 g.

Étape 2 Déterminer la vitesse du vent u et sa direction D.

Utiliser l'information accessible sur les conditions météorologiques, de préférence à partir d'observations faites sur le terrain. Ici:

u = 7,5 km/h; u = 7,5 ÷ 3,6 = 2,1 m/s;

D = N.-O. ou 315 ° (D = direction d'où souffle le vent).

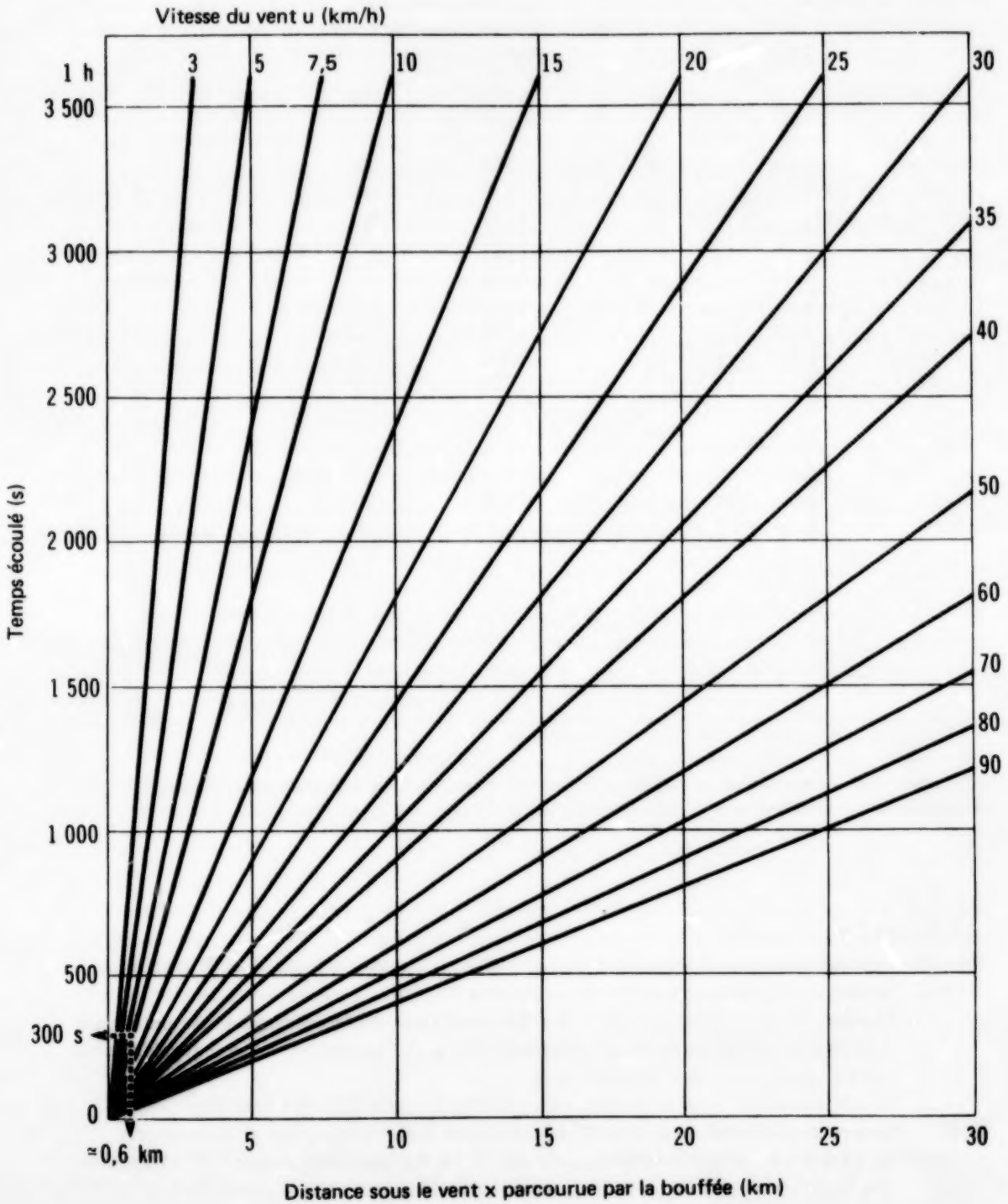
Étape 3 Déterminer la catégorie appropriée de conditions météorologiques.

Le tableau 4 permet d'établir qu'il s'agit de la catégorie F puisque u < 11 km/h et que le déversement s'est produit au cours de la nuit.

Figure 12

ÉTHYLÈNE

DISTANCE PARCOURUE PAR LA BOUFFÉE EN FONCTION DU TEMPS ÉCOULÉ



Étape 4 Déterminer la teneur T dangereuse limite.

Opter pour la valeur la moindre entre la teneur provoquant l'asphyxie et la L.I.I.; dans le cas présent, T = 35 g/m^3 (L.I.I. = 35 g/m^3; teneur asphyxiante ≃ 190 g/m^3).

Étape 5 Calculer T/m_e.

$$T/m_e = \frac{35}{2 \times 10^7} = 1{,}75 \times 10^{-6}\ m^{-3}.$$

Étape 6 Calculer la distance maximale dangereuse du côté sous le vent x_p à partir du point source d'émission instantanée.

Voir la figure 10. Si $T/m_e = 1{,}75 \times 10^{-6}\ m^{-3}$ et que les conditions météorologiques sont de la catégorie F, $x_p \simeq 2{,}6$ km.

Étape 7 Calculer la demi-largeur maximale de la bouffée dangereuse L/2 max.

Se servir du tableau 5. Comme m_e = 20 t et que les conditions météorologiques sont de la catégorie F, L/2 max. = 80 m.

Étape 8 Déterminer le temps écoulé depuis le déversement.

t = 5 mn x 60 = 300 s.

Étape 9 Calculer la distance sous le vent parcourue x_t par la bouffée de vapeurs depuis le déversement.

Se servir de la figure 12. Comme t = 300 s et u = 7,5 km/h,

x_t = 0,6 km (plus précisément: $x_t = ut$ = 2,1 m/s x 300 s = 630 m = 0,63 km).

Étape 10 Schématiser la zone dangereuse.

Pour ce faire, tracer un rectangle dont deux des côtés opposés mesurent (chacun) deux fois la demi-largeur maximale de la bouffée dangereuse (80 m), et dont les deux autres côtés mesurent (chacun) l'équivalent de la distance maximale sous le vent à partir du point d'émission instantanée et (2,6 km) sont orientés dans la direction du vent (voir la figure 13).

Si le vent ne fluctue que de 20° (315° ± 10°), le schéma de la zone dangereuse correspond à la figure 14.

Remarque. – Au cours des cinq minutes écoulées depuis le déversement, la bouffée n'a franchi que 0,63 km. Sous un vent de 7,5 km/h, il s'écoulerait encore 16 minutes avant que le nuage ne franchisse la distance maximale dangereuse sous le vent, soit 2,6 km.

5.4 Comportement dans l'eau

5.4.1 Introduction. – Lorsque l'éthylène liquide est déversé dans l'eau, il se vaporise tout en s'étalant à la surface. Il n'y a qu'une perte minime d'éthylène par dissolution, parce qu'il est relativement insoluble.

Le nomogramme de la figure 15 a été préparé à partir de données sur l'étalement de l'éthylène à la surface de l'eau en tenant compte des pertes dues à la vitesse de vaporisation.

La vitesse d'étalement de l'éthylène à la surface de l'eau dépend de l'équilibre des forces qui favorisent le processus d'étalement (forces de gravitation et de tension superficielle) et des forces qui y opposent une résistance (forces d'inertie et de viscosité). Étant donné que les cryogènes, comme c'est le cas de l'éthylène, se vaporisent rapidement, on estime que seule l'action initiale des forces de gravitation et d'inertie sur le produit déversé entre en ligne de compte (Phani, 1974). L'étendue maximale que peut atteindre la nappe d'éthylène dépend dans une grande mesure de la vitesse d'évaporation.

Figure 13

ÉTHYLÈNE

ZONE DANGEREUSE MAXIMALE SOUS UN VENT INVARIABLE
EXEMPLE DE PROBLÈME

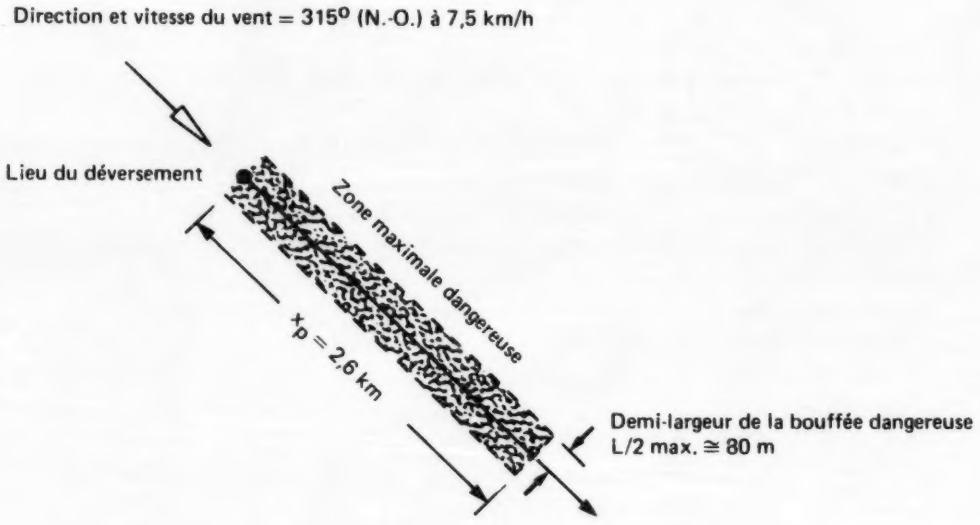
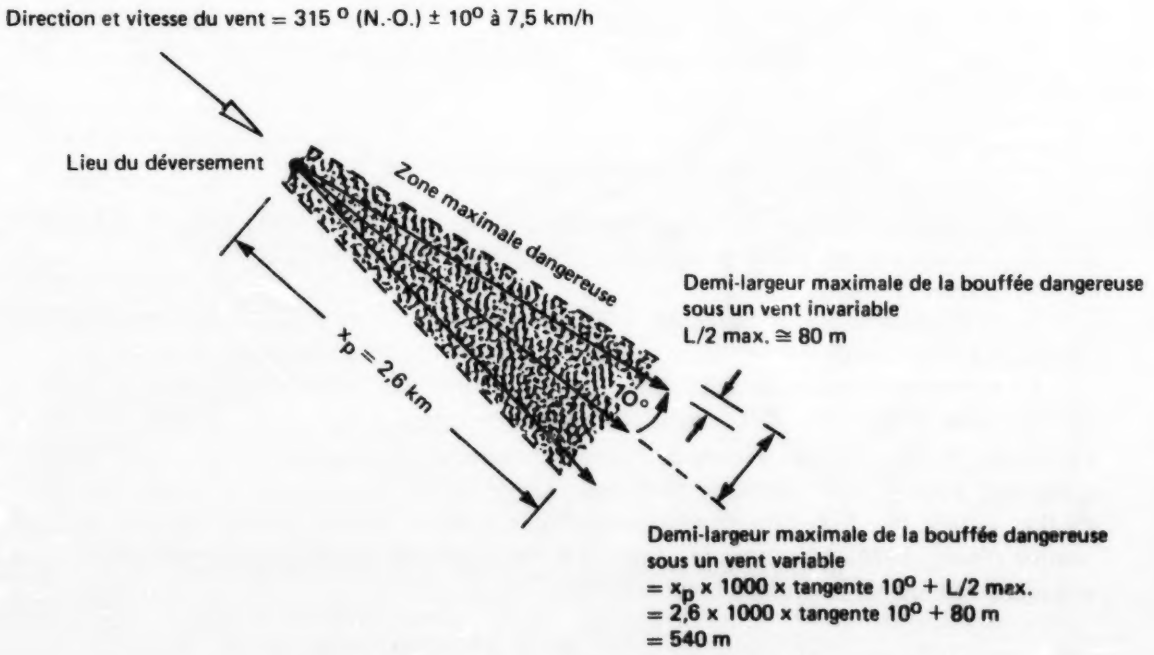


Figure 14

ÉTHYLÈNE

ZONE DANGEREUSE MAXIMALE SOUS UN VENT VARIABLE
EXEMPLE DE PROBLÈME



L'étalement de la nappe d'éthylène déversé dans l'eau est décrit par des équations présentées dans le *Manuel d'introduction*. Le nomogramme qui suit a été préparé suivant l'hypothèse que la température de l'eau était de 20 °C, valeur maximale attribuable à l'eau de surface. Dans de telles conditions, l'étalement de l'éthylène atteint son maximum.

5.4.2 Nomogramme de l'étalement de l'éthylène sur une étendue d'eau calme. – Le nomogramme qui suit permet de calculer l'étalement d'une nappe en eaux calmes (sans dissolution) et d'évaluer le temps nécessaire à l'évaporation complète du produit en fonction de la masse déversée.

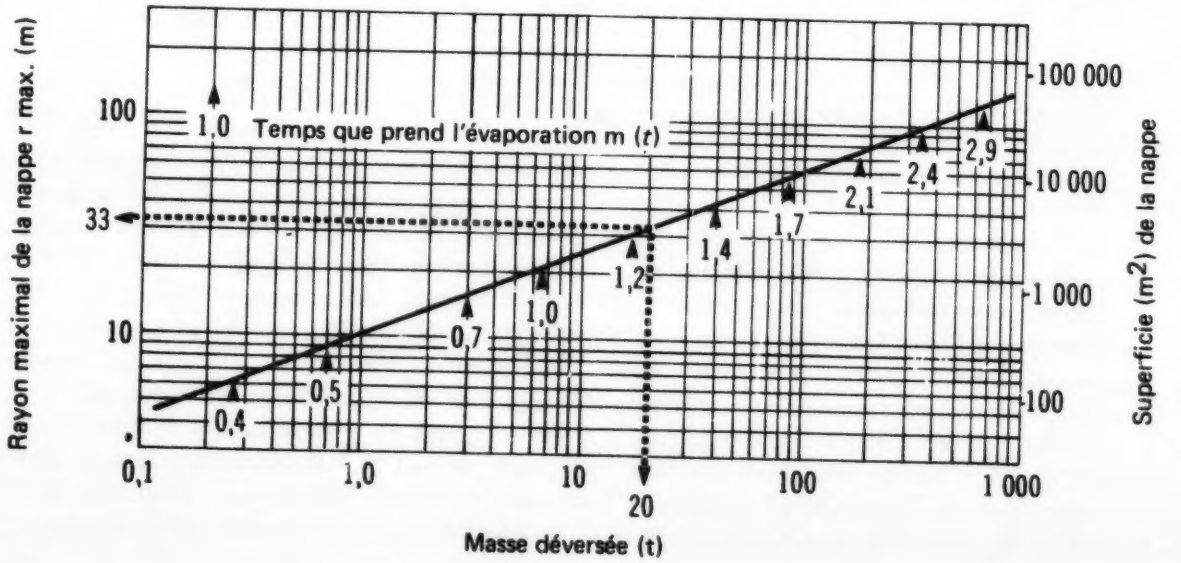
Figure 15 Rayon maximal de la nappe en fonction de la masse déversée

Si on suppose que l'éthylène ne se dissout pas dans l'eau, la figure 15 est un moyen simple d'évaluer le rayon maximal de la nappe d'éthylène déversé, à condition de connaître la quantité déversée. Le nomogramme a été élaboré à partir de données tirées du *Hazard Assessment Handbook* (CHRIS, 1974) et d'après un modèle informatisé de l'évaporation et de l'étalement simultanés d'un cryogène déversé sur une étendue d'eau calme (Phani, 1974). Les chiffres qui y figurent permettent de trouver le temps que prendra une évaporation totale du produit déversé. Étant donné que l'évaporation s'effectue rapidement, le nomogramme ne couvre pas l'étalement complet de la nappe d'éthylène déversé. De même, on n'a pas tenu compte des modifications que subit la nappe de produit déversé sous l'effet du vent ou des courants de surface.

Figure 15

ÉTHYLÈNE

RAYON MAXIMAL DE LA NAPPE EN FONCTION DE LA MASSE DÉVERSÉE



5.4.3 Exemple de calcul

DONNÉES DU PROBLÈME

Vingt tonnes d'éthylène ont été déversées dans un grand lac. Déterminer le rayon maximal de la nappe d'éthylène déversé (en supposant qu'il n'y a pas de dissolution) et la durée approximative de l'évaporation totale.

ÉTAPES DU CALCUL

Voir la figure 15.

Si m = 20 t, alors r max. = 33 m.

La durée de l'évaporation totale est d'environ 1,2 mn.

5.5 Comportement dans le sous-sol: pénétration dans le sol

Étant donné que l'éthylène est surtout transporté à l'état gazeux par gazoduc et que l'éthylène à l'état liquide se vaporise très rapidement (voir les paragraphes précédents), un déversement d'éthylène sur le sol ne représente pas une source de pollution des eaux souterraines. Pour ces raisons, aucun nomogramme relatif à la migration de l'éthylène dans le sol n'a été préparé.

6 PROTECTION DE L'ENVIRONNEMENT

6.1 Limites maximales admissibles

Les limites maximales admissibles constituent dans certains cas des éléments de règlements, alors que dans d'autres cas, elles correspondent seulement à des recommandations.

6.1.1 Qualité de l'eau. – En Europe, la teneur maximale admissible en éthylène de l'eau potable a été fixée à 0,5 mg/l (Verschueren, 1977).

6.1.2 Qualité de l'air. – En Californie, la teneur en éthylène de l'atmosphère a été établie à 575 $\mu g/m^3$ (0,5 ppm) pour une exposition d'une durée d'une heure et à 115 $\mu g/m^3$ (0,1 ppm) pour une exposition de huit heures (PB83-107748). Des limites similaires ont été établies en Ontario et en Alberta. La Russie a fixé une limite de 3000 $\mu g/m^3$ (3,3 ppm) pour une exposition de vingt-quatre heures (Verschueren, 1977).

6.2 Toxicité pour les espèces aquatiques

6.2.1 Évaluation de la toxicité aux États-Unis. – La tolérance moyenne à l'éthylène pour 96 heures (TLm 96) correspond à des teneurs entre 1000 mg/l et 100 mg/l (RTECS, 1979).

6.2.2 Mesures de toxicité

Toxicité mesurée en eau douce

Teneur en éthylène (mg/l)	Durée de l'essai (h)	Espèce	Résultat	Caractéristiques de l'eau	Référence
Poissons					
22 à 25	1	Doré jaune	Létal		WQCDB-1, 1970

6.3 Toxicité pour d'autres organismes

6.3.1 Toxicité pour les plantes. – La vulnérabilité des espèces végétales à l'action de l'éthylène varie beaucoup, et elle nécessite qu'on les range dans la catégorie des plantes résistantes ou dans celle des plantes sensibles. Il a été démontré par le passé que les teneurs qui affectent les plantes sensibles n'ont pas d'effet ou ont même un effet bénéfique sur les plantes résistantes. L'éthylène est un agent de mûrissement des fruits, et on l'emploie à l'occasion dans les produits de mûrissement (en teneurs de 2 ppm à 20 ppm). Les pommes produisent de l'éthylène à raison de 100 $\mu l/kg/h$, les poires, 30 $\mu l/kg/h$ à 120 $\mu l/kg/h$, et les pêches, environ 40 $\mu l/kg/h$. Les dommages à la végétation attribués à l'éthylène sont souvent associés aux usines et aussi aux gaz d'échappement des automobiles (les émissions d'hydrocarbures contiennent environ 14 p. 100 d'éthylène) et à l'incinération de déchets organiques (0,5 kg d'éthylène par tonne de déchets). Les plantes résistantes à l'action de l'éthylène sont les graminées et les composacées comme la laitue. Les arbustes comme les rosiers sont vulnérables à l'éthylène à certaines températures. Au cours d'une étude, des roses ont perdu leurs pétales en présence de 10 ppm d'éthylène

à des températures élevées (20 °C) et à des températures froides (5 °C). Une quantité de 40 ppm a produit le même effet. Les plantes sensibles, c'est-à-dire celles qui se sont montrées vulnérables à des teneurs aussi faibles que 0,1 ppm comprennent plusieurs familles de fleurs, comme les Orchidacées et les oeillets, et certains fruits et légumes comme les tomates, les pommes de terre, les poivrons, les haricots et les pois (PB 83-107748; Verschueren, 1977).

Parmi les effets de l'éthylène sur les plantes sensibles, on compte (PB 83-107748): 1° une croissance tardive, 2° l'épinastie (plante courbée vers le bas), 3° la chute des feuilles, des bourgeons et des fleurs, 4° l'éclosion irrégulière des fleurs, 5° le fendillement des feuilles et des fleurs, 6° l'inhibition de la croissance en hauteur au profit d'un gonflement de la tige, 7° le dépérissement des fleurs, 8° l'étiolement, 9° le mûrissement prématuré des fruits et 10° une désorientation par rapport à la gravité.

Des études ont montré qu'une teneur en éthylène de 0,5 ppm à 4 ppm entraîne une chute des feuilles, et qu'une teneur de 0,1 ppm à 0,5 ppm retarde la croissance ou empêche la floraison (ERM, 1982). Une teneur en éthylène de 0,5 ppm a endommagé des récoltes de légumes (Yopp, 1974). D'autres effets observés incluent une diminution de la photosynthèse (Kays, 1980), un mûrissement hâtif (Lipton, 1979), des répercussions sur la croissance des pousses, des feuilles, des racines et sur la germination (Minato, 1979; Konings, 1979; Lee, 1979; Jackson, 1981; Masuda, 1980; Marousky, 1979, Taylorson, 1979; Schonbeck, 1980; Egley, 1980). Les effets de l'éthylène sur les végétaux en général sont attribués à son action régulatrice sur la croissance qui peut se faire sentir à différentes étapes du développement d'une plante (Blomstrom, 1980).

Les effets suivants ont été notés au cours de différentes études (Verschueren, 1977):

Teneur en éthylène (ppm)	Durée de l'exposition (h)	Espèce	Résultats
0,001			
0,001		Oeillet d'Inde	Épinastie des feuilles
0,002	24	Orchidée (genre *Cattleya*)	Effondrement du tissu sépalaire
0,01	24	Orchidée (genre *Cattleya*)	Effondrement du tissu sépalaire
0,025 à 0,05		Citronnier	Épinastie
0,04	3 à 4	Tomate	Épinastie des feuilles mûres
0,05		*Chenopodium album*	Épinastie
0,05		*Fagopyrum sagittatum* (F. esculentum)	Épinastie
0,05		*Itelianthus annuus*	Épinastie
0,05	6	Orchidée (genre *Cattleya*), pousses	Effondrement du tissu sépalaire
0,05	16	*Solamon tuberosum*	Épinastie
0,05		*Tagetes patula*	Épinastie
0,1		*Datura stramonium*	Teneur limite sans réaction
0,10	6	*Dyanthus caryophyllus*	Inhibition de l'éclosion des fleurs
0,1	48	*Lycopersicon esculentum*	Retard de la croissance
0,1	8	Orchidée (genre *Cattleya*)	Effondrement du tissu sépalaire

Teneur en éthylène (ppm)	Durée de l'exposition (p)	Espèce	Résultats
0,1		Pois de senteur	Inhibition de la croissance en hauteur de l'épicotyle
0,1	48	Tomate	Épinastie des feuilles
0,2	72	*Lathyrus odoratus*	Épinastie
0,2		*Lycopersicon esculentum*	Épinastie des feuilles
0,3	1	Orchidée (genre *Cattleya*), pousses	Effondrement du tissu sépalaire
0,33	120	*Rosa* (genre)	Épinastie et fendillement des feuilles à la température ambiante
0,4		Pois de senteur	Réaction triple; mutation horizontale et gonflement
0,5	1	*Antirrhinum majus*	Chute des fleurs
0,6	720	*Gossypium hirsutum*	Diminution de la croissance et de la récolte
1	24	Orchidée (genre *Vanda*)	Dépérissement des fleurs
2,0	72	*Narcissus* (genre)	Retard de la croissance
4,0		*Lilium regale*	Retard de la croissance et épinastie
4,0	72	*Narcissus* (genre)	Retard de la croissance et enroulement des feuilles
4,0		*Tulipa gesneriana*	Enroulement des feuilles
8		*Begonia luminosa*	Épinastie légère
10,0	24	*Rosa* (genre)	Chute des pétales à 70 °F, aucune chute à 32 °F, 40 °F et 50 °F
40,0	24	*Rosa* (genre)	Épinastie à 70 °F
40,0	48	*Rosa* (genre)	Épinastie et chute des feuilles à 70 °F
40,0	168	*Rosa* (genre)	Aucune chute à 41 °F

6.4 Devenir et effets à long terme

L'éthylène gazeux se disperse très rapidement. Il n'y a aucun risque de bioconcentration ni de bio-accumulation de l'éthylène (OHM-TADS, 1981).

7 PROTECTION DE LA SANTÉ

L'ACGIH (États-Unis) a classé l'éthylène dans les asphyxiants simples. Il figure également dans l'inventaire de l'ACGIH-EPA. Il n'existe actuellement aucune donnée sur les effets de l'éthylène sur la reproduction ou sur ses capacités carcinogènes. Des essais effectués avec *E. Coli* et plusieurs autres espèces de *Bacillus* n'ont révélé aucune propriété mutagène. Il n'y a eu aucune augmentation de l'incidence de tumeurs chez des animaux exposés pendant 24 mois à de l'éthylène dans le cadre d'un essai (Chem Eng., 1980).

Les données toxicologiques qui suivent sont extraites de sources dignes de confiance. Il est à noter que certaines données valent pour des expositions de longue durée à de faibles teneurs, de sorte qu'elles ne s'appliquent pas nécessairement dans le cas de déversements.

7.1 Normes d'exposition recommandées

Les normes d'exposition à l'éthylène sont établies en fonction de ses propriétés asphyxiantes. Les directives des provinces, au Canada, sont généralement semblables à celles qui sont élaborées par l'ACGIH aux États-Unis.

Directive (temps)	Origine	Teneur recommandée	Référence
Asphyxiant simple	ACGIH	1000 ppm (suggérée pour les asphyxiants)	Patty, 1981
Asphyxiant simple	ACGIH	La teneur minimale en oxygène devrait être de 18 p. 100 par volume dans des conditions normales	TLV, 1981
Asphyxiant simple	Québec	La teneur minimale en oxygène devrait être de 19,5 p. 100 par volume dans des conditions normales	Québec, 1979
8 h	Californie (É.-U.)	MIK de 0,13 mg/m^3 (0,1 ppm)	Verschueren, 1977
24 h	URSS (aussi Bulgarie et Yougoslavie)	MIK de 3 mg/m^3 (2,3 ppm)	Verschueren, 1977
24 h	Israël (à l'essai)	MIK de 0,26 mg/m^3 (0,2 ppm)	Verschueren, 1977
STEL (1 h)	Californie (É.-U.)	MIK de 0,62 mg/m^3 (10,5 ppm)	Verschueren, 1977
STEL (20 mn)	URSS	MIK de 3 mg/m^3 (12,3 ppm)	Verschueren, 1977
STEL (30 mn)	Israël (à l'essai)	MIK de 0,65 mg/m^3 (0,5 ppm)	Verschueren, 1977

7.2 Données sur les propriétés irritantes

7.2.1 Contact avec la peau

Exposition (teneur et durée)	Effets	Référence
CHEZ L'HOMME		
Aucune précision	N'irrite pas la peau	Patty, 1981
Aucune précision	Sans danger. Peu irritant	CHRIS, 1978

7.2.2 Contact avec les yeux

Exposition	Effets	Référence
Sans précision	Les vapeurs d'éthylène n'irritent pas les yeux	AAR, 1981

7.3 Seuil de perception des caractères organoleptiques

7.3.1 Odeur. – L'éthylène a une odeur douceâtre, éthérée (AAR, 1981). Il peut dégager une odeur d'huile déplaisante (Verschueren, 1977). Valeur du seuil de perception: 57 100 (Verschueren, 1977).

Paramètre	Milieu	Teneur	Référence
Seuil maximal d'identification	air	700 ppm	AAR, 1981
Teneur de détection seuil	air	400 ppm	AAR, 1981
Seuil olfactif		20 mg/m^3	Patty, 1981
Seuil moyen d'identification	air	400 ppm	AAR, 1981
Seuil olfactif absolu	air	260 ppm	AAR, 1981
Seuil d'identification	air	4000 ppm	ASTM, 1980
Seuil de perception	air	260 ppm	ASTM, 1980

7.3.2 Goût. – L'éthylène goûte l'ail (CCPA, 1982).

7.4 Étude à long terme

7.4.1 Inhalation

Exposition (teneur en éthylène)	Effets	Référence
A. Exposition de brève durée		
• CHEZ L'HOMME		
85 p. 100 du vol.	Paralysie instantanée	AAR, 1981
	Loquacité soudaine	ITII, 1981

	Perte de la coordination presque instantanée	AAR, 1981
	Étourdissements dans les 55 s	AAR, 1981
51 p. 100 du vol.	Paralysie dans les 40 s	AAR, 1981
	Loquacité dans les 75 s	AAR, 1981
	Perte de la coordination en dedans de 8 mn à 9 mn	AAR, 1981
50 p. 100 du vol	Perte de conscience	Patty, 1981
50 p. 100 du vol.	Mort (s'il n'y a que 8 p. 100 de O_2 dans l'atmosphère)	Patty, 1981
47 p. 100 du vol.	Paralysie dans les 60 s	AAR, 1981
	Loquacité dans les 120 s	ITII, 1981
	Perte de la coordination dans les 12 mn	AAR, 1981
37,5 p. 100 du vol.	Pertes de mémoire après 15 mn	Patty, 1981
• CHEZ LE MAMMIFÈRE		
950 000 ppm	TL min.	AAR, 1981
• CHEZ LE CHIEN		
1,4 p. 100 du vol. d'air	Effet anesthésiant en 2 mn à 8,2 mn	Patty, 1981
• CHEZ LE RAT		
10 000 ppm, 25 000 ppm et 37 000 ppm (4 h)	Augmentation du pyruvate sérique et du poids du foie	Patty, 1981
11 500 mg/m^3 (10 000 ppm)	Aucun effet apparent sur la croissance	PB83-107748
• CHEZ LA SOURIS		
950 000 ppm	Teneur létale	AAR, 1981
95 ppc	TL 50	AAR, 1981
	B. Exposition de longue durée	
• CHEZ LE RAT		
3 mg/m^3/j (90 j)	Hypotension, perturbation de la chronaxie et inhibition de l'action de l'acétylcholinestérase	Patty, 1981

7.4.2 Ingestion. – Aucune information.

7.4.3 Pouvoir mutagène

Exposition	Effets	Référence
• CHEZ *E. COLI*	Aucun effet mutagène apparent	Patty, 1981
• *BACILLUS* (espèce non spécifiée)	Aucun effet mutagène apparent	Patty, 1981

7.5 Symptômes d'intoxication

Aucune référence n'est donnée pour les symptômes de nature courante mentionnés dans la plupart des documents consultés. Seuls les symptômes ou troubles de nature particulière ou inhabituelle sont suivis de la référence appropriée.

7.5.1 Inhalation

1. Torpeur (AAR, 1981).
2. Étourdissements (AAR, 1981).
3. Céphalées (AAR, 1981).
4. Faiblesse musculaire (AAR, 1981).
5. Perte de conscience (AAR, 1981).
6. Dépression réversible du système nerveux central (AAR, 1981).
7. Troubles cardiaques (ITII, 1981).
8. Paralysie de l'appareil respiratoire (AAR, 1981).
9. Mort (AAR, 1981).

7.5.2 Ingestion. – L'ingestion d'éthylène est fort peu probable, étant donné qu'il est à l'état gazeux à température et pression normales.

À l'état liquide, l'éthylène est irritant si on l'ingère (Lefèvre, 1980).

7.5.3 Contact avec la peau

Un contact avec l'éthylène liquide cause des gelures à cause de son évaporation rapide (AAR, 1981).

7.5.4 Contact avec les yeux

Les vapeurs d'éthylène n'irritent pas les yeux (CHRIS, 1978).

7.6 Toxicité pour l'homme des produits de décomposition ou de combustion de l'éthylène

7.6.1 Dioxyde de carbone. – Le dioxyde de carbone est un gaz incolore, inodore, qui en teneurs élevées peut avoir un effet narcotique léger, provoquer une accélération de la respiration et entraîner une asphyxiation. La TLV® de l'éthylène a été fixée à 5000 ppm pour la moyenne pondérée en fonction du temps (MPT de 8 h) et à 15 000 ppm pour la limite d'exposition à court terme (STEL: *Short Term Exposure Limit*) (Doc. TLV, 1983).

8 COMPATIBILITÉ CHIMIQUE

8.1 Compatibilité de l'éthylène et de divers corps chimiques

Phénomène physique ou corps chimiques	Production de chaleur	Incendie	Explosion	Formation de gaz inflammables	Polymérisation brutale	Décomposition	Formation de vapeurs toxiques	Formation de substances d'une plus grande toxicité	Augmentation de la pression dans les récipients fermés	Solubilisation	Réaction violente	Réaction non dangereuse	Remarques	Sources
Phénomène physique														
Chaleur	•	•												Sax, 1979; Bretherick, 1979
Feu	•	•											Danger modéré d'explosion	Sax, 1979
Pression et température élevées				•									Sous l'effet d'un choc	Matheson, 1980
Corps chimiques														
Bromotrichlorométhane		•											Le mélange peut exploser, lorsque chauffé	Bretherick, 1979
Chlore		•											Explose sous l'effet des rayons solaires ou ultra-violets	Bretherick, 1979
Chlorure d'aluminium									•				Une réaction violente peut se produire	NFPA, 1978
Dioxyde d'azote		•											Forme des nitrosates et nitrosites extrêmement instables qui peuvent exploser	NFPA, 1978
Hypofluorite de trifluorométhyle		•											Explosif si mélangé	Bretherick, 1979
Monochlorure de soufre					•								Forme du gaz moutarde (sulfure de dichlorodi-éthyle)	Matheson, 1980
Ozone		•											Peut exploser	Bretherick, 1979
Peroxyde de dibenzoyle et tétrachlorure de carbone		•											Le mélange des trois explose	Bretherick, 1979; NFPA, 1978
Tétrachlorure de carbone		•											Peut exploser sous une pression élevée en présence de peroxydes organiques	Bretherick, 1979; NFPA, 1978

Phénomène physique ou corps chimiques	Production de chaleur	Incendie	Explosion	Formation de gaz inflammables	Polymérisation brutale	Décomposition brutale	Formation de vapeurs toxiques	Formation de substances d'une plus grande toxicité	Augmentation de la pression dans les récipients fermés	Solubilisation	Réaction violente	Réaction non dangereuse	Remarques	Sources
Tétrafluoroéthylène			•								•		Explose lorsque chauffé à 160 °C sous une pression élevée	Bretherick, 1979
Groupes de corps chimiques														
Halogènes							•						Forme des dihalogénures	Matheson, 1980
Oxydants		•											Une oxydation complète peut enflammer l'hydrocarbure	EPA-600/ 2-80-076
Peroxydes organiques	•			•										EPA-600/ 2-80-076

9 MESURES D'INTERVENTION ET DE SÉCURITÉ

9.1 Mesures recommandées

Les exposés qui suivent sont extraits de diverses publications. Leur formulation originale a été respectée pour éviter toute déformation de sens, et ce faisant, il a été impossible d'empêcher que n'apparaissent d'éventuels désaccords entre les sources. Toutefois, la contradiction de certaines mesures qui s'appliquent à des cas particuliers n'est qu'apparente. La mention d'une mesure ne constitue d'aucune façon une recommandation de la part d'Environnement Canada.

9.1.1 Risques d'incendie. – L'éthylène est un gaz extrêmement inflammable (NFPA, 1978). Lors d'un déversement, les vapeurs d'éthylène se propagent au ras du sol, et il peut se produire un retour de flamme (ERG, 1980). Les récipients risquent d'exploser sous l'effet de la chaleur (ERG, 1980). Il faut arrêter la fuite de l'éthylène avant de procéder à l'extinction des flammes.

9.1.2 Moyens d'extinction. – Refroidir avec un jet d'eau pulvérisé les récipients touchés par le feu pour éviter qu'ils n'éclatent. Arrêter la fuite de gaz avant de procéder à l'extinction partout où cela est possible.

Petit feu: Poudre chimique sèche ou CO_2.

Incendie: Jet d'eau pulvérisé, jet d'eau vaporisé ou mousse extinctrice.

Retirer les récipients de la zone d'incendie si cela ne présente aucun danger. Ne pas s'approcher des extrémités des citernes. Dans le cas d'un violent incendie, utiliser des lances ou des canons à eau télécommandés (ERG, 1980).

9.1.3 Mesures d'évacuation. – Il faut évacuer la zone sur un rayon de 600 m pour se mettre à l'abri des fragments qui pourraient être projetés par une explosion. Interdire la zone aux véhicules à moteur à combustion interne et éliminer toute autre source d'inflammation (EAG, 1978).

9.1.4 Mesures d'intervention en cas de déversements

9.1.4.1 Information générale. – Arrêter ou ralentir l'écoulement du produit si cela ne présente aucun danger. Éliminer toute source d'inflammation (Dow ERIS, 1979).

9.1.4.2 Déversements sur le sol. – L'éthylène déversé se disperse très rapidement et ne nécessite pas qu'on l'enlève. Toutefois, il restera un peu d'éthylène, et il faudra interdire la zone du déversement à la circulation des véhicules et éliminer toute autre source d'inflammation jusqu'à ce que la teneur en éthylène de l'atmosphère soit redescendue sous la limite d'inflammabilité.

9.1.4.3 Déversements dans l'eau. – L'éthylène déversé se dispersera très rapidement en un nuage de vapeurs. Si la teneur en éthylène de l'eau atteint un niveau inquiétant, on peut l'abaisser en procédant à une aération de cette dernière. Si l'eau polluée par l'éthylène est destinée à la consommation humaine, le mélange du chlore contenu dans l'eau potable et de l'éthylène peut produire du dichloro-éthane. L'aération des eaux polluées par un déversement d'éthylène avant l'étape de la chloration diminuera leur teneur en éthylène à un très faible niveau (OHM-TADS, 1981).

9.1.5 Nettoyage et traitement. – Lors de déversements d'éthylène, il est improbable qu'il y ait des résidus d'éthylène. L'éthylène qui reste dans les contenants peut être retourné au fabricant (OHM-TADS, 1981).

9.1.6 Appareils et vêtements de protection. – Avant d'entrer dans une zone où l'on ne connaît ni le produit déversé, ni ses propriétés, il faut revêtir une combinaison entièrement étanche aux agents chimiques et porter un appareil respiratoire autonome.

S'il est certain que le produit déversé est de l'éthylène, prendre les mesures de protection suivantes:

- Porter un appareil respiratoire autonome et une combinaison entièrement étanche jusqu'à ce qu'il soit certain que la teneur en éthylène de l'atmosphère est faible.
- Porter également des lunettes protectrices, un casque protecteur, des gants en caoutchouc et des bottes en caoutchouc (Dow ERIS, 1979).

9.1.7 Précautions spéciales. – Protéger les contenants d'éthylène contre tout dommage physique. Isoler l'éthylène de l'oxygène, du chlore et des oxydants. Entreposer dans un endroit frais, bien aéré, à l'épreuve du feu, loin de toute source d'inflammation. Protéger l'éthylène contre l'électricité statique et la foudre. Il est préférable d'entreposer l'éthylène à l'extérieur ou dans un bâtiment séparé (NFPA, 1978).

10 CAS DE DÉVERSEMENT ACCIDENTEL

Les cas habituellement décrits au chapitre 10 sont tirés d'expériences vécues et sont inclus parce qu'ils peuvent aider le lecteur à comprendre les mesures d'intervention prises en cas de déversement accidentel. Seuls les cas qui présentent un intérêt pour le lecteur font l'objet d'un exposé; le nombre de cas traités ne traduit ni l'importance du problème ni la fréquence des déversements réels. Toute nouvelle information pertinente sera incluse dans les rééditions du manuel au fur et à mesure des progrès réalisés dans le domaine des techniques d'intervention.

Il n'existe dans la documentation consultée, aucune étude de cas où les méthodes de nettoyage employées lors d'un déversement d'éthylène sont décrites en détail.

11 IDENTIFICATION ET DOSAGE DES POLLUANTS

Les méthodes d'analyse utilisées pour l'identification et le dosage des polluants chimiques d'intérêt prioritaire sont expliquées dans les lignes qui suivent.

Les méthodes décrites et les références signalées ont été choisies en fonction d'analyses d'échantillons d'air, d'eau et de sol devant être faites dans un laboratoire de chimie doté d'un équipement standard, éloigné du lieu d'où proviennent les prélèvements. Les auteurs ont consulté les sources habituelles exposant les méthodes normalisées ou recommandées et décrit sommairement celles qui s'appliquent à chaque produit chimique. Parmi ces sources, on compte des publications du National Institute for Occupational Safety and Health des États-Unis (NIOSH), de l'Environmental Protection Agency des États-Unis (EPA), de l'American Water Works Association (AWWA), de l'American Society for Testing and Materials (ASTM) et de l'American National Standards Institute (ANSI).

Lorsque les méthodes normalisées ou recommandées ont été jugées fiables et suffisamment spécifiques pour l'analyse des échantillons provenant des matières déversées et du milieu touché, et lorsqu'elles ne nécessitaient pas un équipement de laboratoire hautement spécialisé, nous n'avons pas cherché plus loin. Enfin, lorsque nous avons découvert des tests simples et fiables, couramment utilisés dans l'industrie, nous les avons signalés.

11.1 Dosage de l'éthylène dans l'air (analyse quantitative)

11.1.1 Chromatographie en phase gazeuse. – On peut doser des teneurs en éthylène de 10 mg/m^3 à 10 000 mg/m^3 dans l'air en employant la méthode d'injection directe pour la chromatographie en phase gazeuse.

On injecte directement de l'air (boucle d'échantillonnage de 10 ml) dans un chromatographe en phase gazeuse muni d'un détecteur à ionisation de flamme. Les conditions typiques de fonctionnement du chromatographe en phase gazeuse incluent: une colonne de 1/8 po de diamètre intérieur et de 6 pi de hauteur en acier inoxydable remplie d'alumine F-1 de 60 à 80 mailles au pouce, le débit du gaz porteur (azote) réglé à 20 ml/mn, le débit de l'air réglé à 250 ml/mn, le débit de l'hydrogène réglé à 20 ml/mn, la température de l'injecteur réglée à 150 °C, celle du détecteur, à 150 °C, et celle de la colonne, à 90 °C. Un intégrateur électronique et la comparaison des données obtenues avec une courbe standard permettent de trouver rapidement la teneur en éthylène.

11.2 Dosage de l'éthylène dans l'eau (analyse quantitative)

11.2.1 Spectroscopie de l'infrarouge (AWWA, 1981). – On peut mesurer des teneurs en éthylène allant de 11,34 ppm à 113,40 ppm dans l'eau au moyen de la spectroscopie de l'infrarouge, qui convient le mieux à l'analyse de plusieurs composés organiques.

On recueille dans un récipient approprié un échantillon représentatif de 1 litre au minimum, et on l'acidifie à un pH de 2 ou moins avec de l'acide chlorhydrique dilué. (Cinq millilitres d'acide devraient suffire.) On transfère ensuite l'échantillon dans une fiole à extraction, et on ajoute 30 ml de Fréon® F-113 (trichloro-1, 1, 2 trifluoro-1, 2, 2 éthane) qui a servi à rincer le récipient d'échantillonnage. On transfère après la couche de solvant dans une fiole volumétrique de 100 ml. On procède à deux autres extractions de 30 ml chacune en utilisant du Fréon® F-113

et on les ajoute à la première extraction dans la fiole volumétrique de 100 ml. On allonge ensuite la solution à 100 ml avec du Fréon® F-113. On procède au balayage de l'échantillon avec un spectrophotomètre infrarouge à double faisceau dans la gamme spectrale qui s'étend de 900 cm^{-1} à 3000 cm^{-1} en employant deux cuves identiques de 1 cm. La teneur est calculée à partir d'une courbe d'étalonnage.

11.3 Identification de l'éthylène présent dans l'eau (analyse qualitative)

On prélève un échantillon d'éthylène de la même façon qu'à la section 11.2.1. On transfère deux gouttes de la solution échantillon dans un tube à essais, et on ajoute goutte à goutte une solution à 1 p. 100 de brome dans un tétrachlorure de carbone. La décoloration de la solution de brome indique la présence d'un alkène (Owen, 1969).

11.4 Dosage de l'éthylène présent dans le sol (analyse quantitative)

11.4.1 Gravimétrie (AWWA, 1981). – Cette méthode sert à détecter des teneurs en éthylène du sol supérieures à 40 ppm.

On place 20 g de terre, pesés avec précision, dans un flacon de verre, et on les assèche par l'addition de sulfate de magnésium. On utilise du Fréon® F-113 pour extraire l'éthylène qu'on distille dans un flacon placé au bain-marie. Il faut maintenir la température à 70 °C pour éviter une perte d'échantillon. On fait passer de l'air dans le flacon pendant la dernière minute. Ce dernier est ensuite refroidi et pesé. La gravimétrie est une méthode simple et économique. Elle manque toutefois de sensibilité et de spécifité, mais elle peut convenir dans le cas du déversement d'un produit dont la composition est connue.

11.5 Identification de l'éthylène présent dans le sol (analyse qualitative)

On extrait un échantillon de sol dans une fiole à extraction avec du Fréon® F-113, puis on évapore le fréon de la manière indiquée à la section 11.4.1. Le résidu est placé dans de l'éthanol. On introduit dans un tube à essais deux gouttes de la solution échantillon, et on ajoute goutte à goutte une solution à 1 p. 100 de brome dans du tétrachlorure de carbone. La décoloration du brome indique la présence d'un alkène (Owen, 1969).

12 RÉFÉRENCES ET BIBLIOGRAPHIE (REPRODUITES DE L'ANGLAIS)

12.1 Références

AAR 1981: BDM Corporation, The AAR Hazardous Materials Data Base, Prepared for the Association of American Railroads, Parts I and II, McLean, Virginia. (May, 1981).

ASTM 1980: American Society for Testing and Materials, Compilation of Odor and Taste Threshold Values Data, ASTM, Philadelphia, Pennsylvania, ASTM Data Series DS-48A. (1980).

AWWA 1981: American Water Works Association, Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 15th Edition, American Public Health Association, Washington, D.C., p. 465. (1981).

Blomstrom 1980: Blomstrom, D.C., Beyer, E.M., "Plants Metabolize Ethylene to Ethylene Glycol", Nature (London), Vol. 283, No. 5742, pp. 66-68. (1980).

Bretherick 1979: Bretherick, L., Handbook of Reactive Chemical Hazards, Second Edition, Butterworths, London, England. (1979).

CBG 1980: Southam Business Publications Ltd., "1981 Chemical Buyers' Guide", Canadian Chemical Processing, Vol. 64, No. 9, Don Mills, Ontario. (December, 1980).

CCP 1981: "More Ethylene Planned for Alberta", Canadian Chemical Processing, Vol. 65, No. 8, p. 20. (November, 1981).

CCPA 1981: The Canadian Chemical Producers' Association, List of Members, Toronto, Ontario. (October, 1981).

CCPA 1982: Canadian Chemical Producers' Association, Ottawa, Ontario, Private Communication. (1982).

CDS 1967: National Association of Corrosion Engineers, Corrosion Data Survey, Houston, Texas. (1967).

Chem. Eng. 1975: Yaws, C.L., "Physical and Thermodynamic Properties", Chemical Engineering, Vol. 82, No. 7, pp. 101-109. (31 March 1975).

Chem. Eng. 1980: Chemical Engineering, p. 9. (29 December 1980).

CHRIS 1978: U.S. Department of Transportation, Coast Guard, Chemical Hazards Response Information System (CHRIS), Washington, D.C. (1978).

Corpus 1983: Corpus Information Services Ltd., "Ethylene", Chemical Product Profiles, Don Mills, Ontario. (1983).

CRC 1980: Weast, R.C. (ed.), CRC Handbook of Chemistry and Physics, 60th Edition, Chemical Rubber Publishing Company, Cleveland, Ohio. (1980).

DCRG 1978: Dow Chemical Company, Dow Chemical Resistance Guide for Dow Plastic Lined Piping Products, Midland, Michigan. (1978).

Doc. TLV 1983: American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH), Documentation of Threshold Limit Values, Fourth Edition, Cincinnati, Ohio. (1983).

Dow ERIS 1979: Dow Chemical Canada Inc., Emergency Response Information Sheet, Sarnia, Ontario. (August, 1979).

EAG 1978: U.S. Department of Transportation, Emergency Action Guide for Selected Hazardous Materials, U.S. D.O.T., Research and Special Programs Administration, Materials Transportation Bureau, Washington, D.C. (1978).

Egley 1980: Egley, G.H., "Stimulation of Common Cocklebur (*Xanthium Pensylvanicum*) and Redroot Pigweed (*Amarathus Retroflexus*) Seed Germination by Injections of Ethylene into Soil", Weed Sci., Vol. 28, No. 5, pp. 510-514. (1980).

EPA 600/2-80-076: Hatayama, H.K., Chen, J.J., deVera, E.R., Stephens, R.D., Storm, D.L., A Method for Determining the Compatibility of Hazardous Wastes, Municipal Environmental Research Laboratory, Office of Research and Development, U.S. Environmental Protection Agency, Cincinnati, Ohio. (April, 1980).

EPA 670/2-75-042: Pilie, R.J., et al., Methods to Treat, Control and Monitor Spilled Hazardous Materials, U.S. Environmental Protection Agency, National Environmental Research Center, Cincinnati, Ohio, EPA 670/2-75-042. (June, 1975).

ERG 1980: U.S. Department of Transportation, Hazardous Materials, 1980 Emergency Response Guidebook, U.S. Department of Transportation, Research and Special Programs Administration, Materials Transportation Bureau, Washington, D.C. (1980).

ERM 1982: Environmental Emergency Branch, Emergency Response Manual, Second Draft, Environment Canada, Ottawa, Canada. (February, 1982).

Ethylene 1980: Kniel, L., Winter, O., Stork, K., Ethylene, Keystone to the Petrochemical Industry, Marcel Dekker Inc., New York. (1980).

Gas Data 1974: Matheson Gas Products, The Matheson Unabridged Gas Data Book, Lyndhurst, New Jersey. (1974).

Hansch and Leo 1979: Hansch, C., Leo, A., Substitute Constants for Correlation Analysis in Chemistry and Biology, John Wiley & Sons Inc., New York, New York. (1979).

HCG 1981: Compressed Gas Association, Inc., Handbook of Compressed Gases, Second Edition, Van Nostrand Reinhold Company, New York, New York. (1981).

ITII 1981: International Technical Information Institute, Toxic and Hazardous Industrial Chemicals Safety Manual for Handling and Disposal with Toxicity and Hazard Data, Japan. (1981).

Jackson 1981: Jackson, M.B., Drew, M.C., Giffard, S.C., "Effects of Applying Ethylene to the Root System of *Zea Mays* on Growth and Nutrient Concentration in Relation to Flooding Tolerance", Physiol. Plant., Vol. 52, No. 1, pp. 23-28. (1981).

JANAF 1971: Stull, D.R., Prophet, H., JANAF Thermochemical Tables, Second Edition, Office of Standard Reference Data, U.S. National Bureau of Standards, Washington, D.C. (June, 1971).

Kays 1980: Kays, S.J., Pallas, J.E. Jr., "Inhibition of Photosynthesis by Ethylene", Nature (London), Vol. 285, No. 5759, pp. 51-52. (1980).

Kirk-Othmer 1980: Grayson, M., Eckroth, D. (ed.), Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology, Third Edition, Vol. 9, John Wiley & Sons Inc., New York, New York. (1980).

Konings 1979: Konings, H., Jackson, M.B., "A Relationship Between Rates of Ethylene Production by Roots and the Promoting or Inhibiting Effects of Exogenous Ethylene and Water on Root Elongation", Z. Pflanzenphysiol., Vol. 92, No. 5, pp. 385-397. (1979).

Lee 1979: Lee, M., Nakayama, M., Ota, Y., "On Physiological Action of Ethylene in Rice Plants. I. Effect of Ethylene on Growth of Rice Seedling", Nippon Sakumotsu Gakki Kiji, Vol. 48, No. 4, pp. 510-516. (1979).

Lefèvre 1980: Lefèvre, M.J., Becker, E.O., First Aid Manual for Chemical Accidents - For Use with Nonpharmaceutical Chemicals, Dowden, Hutchinson, and Ross Inc., Stroudsburg, Pennsylvania. (1980).

Lipton 1979: Lipton, W.J., Anaroni, Y., Elliston, E., "Rates of Carbon Dioxide and Ethylene Production and of Ripening of 'Honey Dew' Muskmelons at a Chilling Temperature after Pretreatment with Ethylene", J. Am. Soc. Hortic. Sci., Vol. 104, No. 6, pp. 846-849. (1979).

Marousky 1979: Marousky, F.J., Harbaugh, B.K., "Interactions of Ethylene, Temperature, Light and Carbon Dioxide on Leaf and Stipule Abscission and Chlorosis in *Philodendron Scandens* sp. *Oxycardium*", J. Am. Soc. Hortic. Sci., Vol. 104, No. 6, pp. 876-880. (1979).

Masuda 1980: Masuda, M., Asahira, T., "Effect of Ethylene on Breaking Dormancy of Freesia Corms", Sci. Hortic. (Amsterdam), Vol. 13, No. 1, pp. 85-92. (1980).

Matheson 1980: Gas Data Handbook, Matheson Gas Products, Lyndhurst, New Jersey. (1974).

Merck 1976: Windholz, M., Budavari, S., Stroumtsos, L.Y., Fertig, M.N. (ed.), The Merck Index, Ninth Edition, Merck & Co. Inc., Rahway, New Jersey. (1976).

Minato 1979: Minato, T., Kikuta, Y., Okazawa, Y., "Effect of Ethylene on Sprout Growth and Endogenous Growth Substances of Potato Plants", J. Fac. Agric., Hokkaido Univ., Vol. 59, No. 2, pp. 239-248. (1979).

NFPA 1978: National Fire Protection Association, Fire Protection Guide on Hazardous Materials, Seventh Edition, Boston, Massachusetts. (1978).

NIOSH 1977: National Institute for Occupational Safety and Health, Manual of Analytical Methods, Second Edition, Vol. 2, S. 122., Cincinnati, Ohio. (April, 1977).

NIOSH/OSHA 1981: U.S. Department of Health and Human Services, National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH), U.S. Department of Labor, Occupational Safety and Health Administration (OSHA), Occupational Health Guidelines for Chemical Hazards, NIOSH Publication No. 81-123. (1981).

OHM-TADS 1981: Oil and Hazardous Materials Technical Assistance Data System, U.S. Environmental Protection Agency, Oil and Special Materials Control Division, Office of Water Program Operations, Washington, D.C. (1981).

Owen 1969: Owen, T.C., Characterization of Organic Compounds by Chemical Methods, Marcel Dekker, Inc., New York, New York, pp. 158-161, 156. (1969).

Patty 1981: Clayton, G.D., Clayton, F.E. (ed.), Patty's Industrial Hygiene and Toxicology, Vols. 2A, 2B, Third Revised Edition, John Wiley and Sons Canada Limited, Toronto, Ontario. (1981).

PB 83-107748: Preliminary Air Pollution Survey of Ethylene: A Literature Review, Litton Systems Inc., Bethesdon, Maryland, for the Environmental Protection Agency. (1969).

Perry 1973: Perry, R.H., Chilton, C.H. (ed.), Chemical Engineer's Handbook, Fifth Edition, McGraw-Hill Book Company, New York, New York. (1973).

Pike 1981: Pike, D., "Ethylene", Chemical Engineering, Vol. 88, No. 19, New York. (5 October 1981).

Québec 1979: Cabinet du Lieutenant-Gouverneur, Gazette Officielle du Québec: Partie 2, Lois et règlements, L'Editeur Officiel du Québec. (Novembre, 1979).

Raj 1974: Raj, P.P.K., Lakekar, A.S., Assessment Models in Support of Hazard Assessment Handbook, Prepared for the Department of Transportation, U.S. Coast Guard, Washington, D.C., p. 238. (January, 1974).

Rosenstock 1977: Rosenstock, H.M., Draxl, K., Steiner, B., Herron, J.T., Energetics of Gaseous Ions, National Bureau of Standards, Washington, D.C. (1977).

RTDCR 1974: Regulations for the Transportation of Dangerous Commodities by Rail, Canadian Transport Commission, published by Supply and Services Canada, Ottawa, Ontario. (1974).

RTECS 1979: Lewis, R.J., Tatken, R.L., Registry of Toxic Effects of Chemical Substances, 1979, Vols. 1 and 2, National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH), Cincinnati, Ohio. (September, 1980).

Sax 1979: Sax, N.I., Dangerous Properties of Industrial Materials, Fifth Edition, Van Nostrand Reinhold Company, New York, New York. (1979).

Schonbeck 1980: Schonbeck, M.W., Egley, G.H., "Redroot Pigweed (*Amarathus Retroflexus*) Seed Germination Response to Afterripening, Temperature, Ethylene, and Some Other Environmental Factors", Weed Sci., Vol. 28, No. 5, pp. 543-548. (1980).

Scott 1979: Scott's Industrial Directory of Ontario Manufacturers, 12th Edition, Penstock Directories Limited, Oakville, Ontario. (1979).

Shreve 1977: Shreve, R.N., Brink, J.A., Chemical Process Industries, Fourth Edition, McGraw-Hill Book Company, New York, New York. (1977).

Taylorson 1979: Taylorson, R.B., "Response of Weed Seeds to Ethylene and Related Hydrocarbons", Weed Sci., Vol. 27, No. 1, pp. 7-10. (1979).

TCM 1979: General American Transportation Corporation, Tank Car Manual, Chicago, Illinois. (May, 1979).

TLV 1983: American Conference of Governmental Industrial Hygienists, TLV•s Threshold Limit Values for Chemical Substances and Physical Agents in the Workroom Environment with Intended Changes for 1983-1984, Cincinnati, Ohio. (1983).

Ullmann 1975: Ullmanns Encyklopaedie der technischen Chemie, Verlag Chemie, Weinheim. (1975).

Verschueren 1977: Verschueren, K., Handbook of Environmental Data on Organic Chemicals, Van Nostrand Reinhold Company, New York, New York. (1977).

WQCDB-1 1970: Environmental Protection Agency, Water Quality Criteria Data Book, A.D. Little Inc., U.S. Environmental Protection Agency, Water Quality Office, Washington, D.C., Vol. 1. (1970).

Yopp 1974: Yopp, J.H., Schmid, W.E., Holst, R.W., Determination of Maximum Permissible Levels of Selected Chemicals that Exert Toxic Effects on Plants of Economic Importance in Illinois, PB 327654, NTIS, Springfield, Virginia. (August, 1974).

12.2 Bibliographie

American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH), Documentation of Threshold Limit Values, Fourth Edition, Cincinnati, Ohio. (1983).

American Conference of Governmental Industrial Hygienists, TLV•s Threshold Limit Values for Chemical Substances and Physical Agents in the Workroom Environment with Intended Changes for 1983-84, Cincinnati, Ohio. (1983).

American Society for Testing and Materials, Compilation of Odor and Taste Threshold Values Data, ASTM, Philadelphia, Pennsylvania, ASTM Data Series DS-48A. (1980).

American Water Works Association, Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 15th Edition, American Public Health Association, Washington, D.C., p. 465. (1981).

BDM Corporation, The AAR Hazardous Materials Data Base, Prepared for the Association of American Railroads, Parts I and II, McLean, Virginia. (May, 1981).

Blomstrom, D.C., Beyer, E.M., "Plants Metabolize Ethylene to Ethylene Glycol", Nature (London), Vol. 283, No. 5742, pp. 66-68. (1980).

Bretherick, L., Handbook of Reactive Chemical Hazards, Second Edition, Butterworths, London, England. (1979).

Cabinet du Lieutenant-Gouverneur, Gazette Officielle du Québec: Partie 2, Lois et règlements, L'Éditeur Officiel du Québec (Novembre, 1979).

Canadian Chemical Producers' Association, Ottawa, Ontario, Private Communication. (1982).

Canadian Chemical Producers' Association, List of Members, Toronto, Ontario. (October, 1981).

Chemical Engineering, p. 9. (29 December 1980).

Clayton, G.D., Clayton, F.E. (ed.), Patty's Industrial Hygiene and Toxicology, Vols. 2A, 2B, Third Revised Edition, John Wiley and Sons Canada Limited, Toronto, Ontario. (1981).

Compressed Gas Association, Inc., Handbook of Compressed Gases, Second Edition, Van Nostrand Reinhold Company, New York, New York. (1981).

Corpus Information Services Ltd., "Ethylene", Chemical Product Profiles, Don Mills, Ontario. (April, 1983).

Dow Chemical Canada Inc., Emergency Response Information Sheet, Sarnia, Ontario. (August, 1979).

Dow Chemical Company, Dow Chemical Resistance Guide for Dow Plastic Lined Piping Products, Midland, Michigan. (1978).

Egley, G.H., "Stimulation of Common Cocklebur (*Xanthium Pensylvanicum*) and Redroot Pigweed (*Amarathus Retroflexus*) Seed Germination by Injections of Ethylene into Soil", Weed Sci., Vol. 28, No. 5, pp. 510-514. (1980).

Environmental Emergency Branch, Emergency Response Manual, Second Draft, Environment Canada, Ottawa, Canada. (February, 1982).

Environmental Protection Agency, Water Quality Criteria Data Book, A.D. Little Inc., U.S. Environmental Protection Agency, Water Quality Office, Washington, D.C., Vol. 1. (1970).

Gas Data Handbook, Matheson Gas Products, Lyndhurst, New Jersey. (1974).

General American Transportation Corporation, Tank Car Manual, Chicago, Illinois. (May, 1979).

Grayson, M., Eckroth, D. (ed.), Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology, Third Edition, Vol. 9, John Wiley & Sons Inc. New York, New York. (1980).

Hansch, C., Leo, A., Substitute Constants for Correlation Analysis in Chemistry and Biology, John Wiley & Sons Inc., New York, New York. (1979).

Hatayama, H.K., Chen, J.J., deVera, E.R., Stephens, R.D., Storm, D.L., A Method for Determining the Compatibility of Hazardous Wastes, Municipal Environmental Research Laboratory, Office of Research and Development, U.S. Environmental Protection Agency, Cincinnati, Ohio. (April, 1980).

International Technical Information Institute, Toxic and Hazardous Industrial Chemicals Safety Manual for Handling and Disposal with Toxicity and Hazard Data, Japan. (1981).

Jackson, M.B., Drew, M.C., Giffard, S.C., "Effects of Applying Ethylene to the Root System of *Zea Mays* on Growth and Nutrient Concentration in Relation to Flooding Tolerance", Physiol. Plant., Vol. 52, No. 1, pp. 23-28. (1981).

Kays, S.J., Pallas, J.E. Jr., "Inhibition of Photosynthesis by Ethylene", Nature (London), Vol. 285, No. 5759, pp. 51-52. (1980).

Kniel, L., Winter, O., Stork, K., Ethylene, Keystone to the Petrochemical Industry, Marcel Dekker, Inc., New York. (1980).

Konings, H., Jackson, M.B., "A Relationship Between Rates of Ethylene Production by Roots and the Promoting or Inhibiting Effects of Exogenous Ethylene and Water on Root Elongation", Z. Pflanzenphysiol., Vol. 92, No. 5, pp. 385-397. (1979).

Lee, M., Nakayama, M., Ota, Y., "On Physiological Action of Ethylene in Rice Plants. I. Effect of Ethylene on Growth of Rice Seedling", Nippon Sakumotsu Gakki Kiji, Vol. 48, No. 4, pp. 510-516. (1979).

Lefèvre, M.J., Becker, E.O., First Aid Manual for Chemical Accidents - For Use with Nonpharmaceutical Chemicals, Dowden, Hutchinson, and Ross Inc., Stroudsburg, Pennsylvania. (1980).

Lewis, R.J., Tatken, R.L., Registry of Toxic Effects of Chemical Substances, 1979, Vols. 1 and 2, National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH), Cincinnati, Ohio. (September, 1980).

Lipton, W.J., Anaroni, Y., Elliston, E., "Rates of Carbon Dioxide and Ethylene Production and of Ripening of 'Honey Dew' Muskmelons at a Chilling Temperature after Pretreatment with Ethylene", J. Am. Soc. Hortic. Sci., Vol. 104, No. 6, pp. 846-849. (1979).

Marousky, F.J., Harbaugh, B.K., "Interactions of Ethylene, Temperature, Light and Carbon Dioxide on Leaf and Stipule Abscission and Chlorosis in *Philodendron Scanders* sp. *Oxycardium*", J. Am. Soc. Hortic. Sci., Vol. 104, No. 6, pp. 876-880. (1979).

Masuda, M., Asahira, T., "Effect of Ethylene on Breaking Dormancy of Freesia Corms", Sci. Hortic. (Amsterdam), Vol. 13, No. 1, pp. 85-92. (1980).

Matheson Gas Products, The Matheson Unabridged Gas Data Book, Lyndhurst, New Jersey. (1974).

Minato, T., Kikuta, Y., Okazawa, Y., "Effect of Ethylene on Sprout Growth and Endogenous Growth Substances of Potato Plants", J. Fac. Agric., Hokkaido Univ., Vol. 59, No. 2, pp. 239-248. (1979).

"More Ethylene Planned for Alberta", Canadian Chemical Processing, Vol. 65, No. 8, p. 20. (November, 1981).

National Association of Corrosion Engineers, Corrosion Data Survey, Houston, Texas. (1967).

National Fire Protection Association, Fire Protection Guide on Hazardous Materials, Seventh Edition, Boston, Massachusetts. (1978).

National Institute for Occupational Safety and Health, Manual of Analytical Methods, Second Edition, Vol. 2, S. 122., Cincinnati, Ohio. (April, 1977).

Oil and Hazardous Materials Technical Assistance Data System, U.S. Environmental Protection Agency, Oil and Special Materials Control Division, Office of Water Program Operations, Washington, D.C. (1981).

Owen, T.C., Characterization of Organic Compounds by Chemical Methods, Marcel Dekker, Inc., New York, New York, pp. 158-161, 156. (1969).

Perry, R.H., Chilton, C.H. (ed.), Chemical Engineer's Handbook, Fifth Edition, McGraw-Hill Book Company, New York, New York. (1973).

Pike, D., "Ethylene", Chemical Engineering, Vol. 88, No. 19, pp. 134-138. (5 October 1981).

Pilie, R.J., et al., Methods to Treat, Control and Monitor Spilled Hazardous Materials, U.S. Environmental Protection Agency, National Environmental Research Center, Cincinnati, Ohio, EPA 670/2-75-042. (June, 1975).

Preliminary Air Pollution Survey of Ethylene: A Literature Review, Litton Systems Inc., Bethesdon, Maryland, for the Environmental Protection Agency, PB 83-107748. (1969).

Raj, P.P.K., and Lakekar, A.S., Assessment Models in Support of Hazard Assessment Handbook, Prepared for the Department of Transportation, U.S. Coast Guard, Washington, D.C., p. 238. (January, 1974).

Regulations for the Transportation of Dangerous Commodities by Rail, Canadian Transport Commission, published by Supply and Services Canada, Ottawa, Ontario. (1974).

Rosenstock, H.M., Draxl, K., Steiner, B., Herron, J.T., Energetics of Gaseous Ions, National Bureau of Standards, Washington, D.C. (1977).

Sax, N.I., Dangerous Properties of Industrial Materials, Fifth Edition, Van Nostrand Reinhold Company, New York, New York. (1979).

Schonbeck, M.W., Egley, G.H., "Redroot Pigweed (*Amarathus Retroflexus*) Seed Germination Response to Afterripening, Temperature, Ethylene, and Some Other Environmental Factors", Weed Sci., Vol. 28, No. 5, pp. 543-548. (1980).

Scott's Industrial Directory of Ontario Manufacturers, 12th Edition, Penstock Directories Limited, Oakville, Ontario. (1979).

Shreve, R.N., Brink, J.A., Chemical Process Industries, Fourth Edition, McGraw-Hill Book Company, New York, New York. (1977).

Southam Business Publications Ltd., "1981 Chemical Buyers' Guide", Canadian Chemical Processing, Vol. 64, No. 9, Don Mills, Ontario. (December, 1980).

Stull, D.R., Prophet, H., JANAF Thermochemical Tables, Second Edition, Office of Standard Reference Data, U.S. National Bureau of Standards, Washington, D.C. (June, 1971).

Taylorson, R.B., "Response of Weed Seeds to Ethylene and Related Hydrocarbons", Weed Sci., Vol. 27, No. 1, pp. 7-10. (1979).

Ullmanns Encyklopaedie der technischen Chemie, Verlag Chemie, Weinheim. (1975).

U.S. Department of Health and Human Services, National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH), U.S. Department of Labor, Occupational Safety and Health Administration (OSHA), Occupational Health Guidelines for Chemical Hazards, NIOSH Publication No. 81-123. (1981).

U.S. Department of Transportation, Coast Guard, Chemical Hazards Response Information System (CHRIS), Washington, D.C. (1978).

U.S. Department of Transportation, Emergency Action Guide for Selected Hazardous Materials, U.S. D.O.T., Research and Special Programs Administration, Materials Transportation Bureau, Washington, D.C. (1978).

U.S. Department of Transportation, Hazardous Materials, 1980 Emergency Response Guidebook, U.S. Department of Transportation, Research and Special Programs Administration, Materials Transportation Bureau, Washington, D.C. (1980).

Verschueren, K., Handbook of Environmental Data on Organic Chemicals, Van Nostrand Reinhold Company, New York, New York. (1977).

Weast, R.C. (ed.), CRC Handbook of Chemistry and Physics, 60th Edition, Chemical Rubber Publishing Company, Cleveland, Ohio. (1980).

Windholz, M., Budavari, S., Stroumtsos, L.Y., Fertig, M.N. (ed.), The Merck Index, Ninth Edition, Merck & Co. Inc., Rahway, New Jersey. (1976).

Yaws, C.L., "Physical and Thermodynamic Properties", Chemical Engineering, Vol. 82, No. 7, pp. 101-109. (31 March 1975).

Yopp, J.H., Schmid, W.E., Holst, R.W., Determination of Maximum Permissible Levels of Selected Chemicals that Exert Toxic Effects on Plants of Economic Importance in Illinois, PB 327654, NTIS, Springfield, Virginia. (August, 1974).